

WALDSCHÄDEN IN FICHTENJUNGBESTÄNDEN NORDOSTBAYERN

Wilfried Huber

Disbui. München

1987



WALDSCHEIDEN IN FORTENUNGSBESTÄNDEN
VERTEILUNG



Digitized by the Internet Archive
in 2026

WALDSCHÄDEN IN FICHTENJUNGBESTÄNDEN NORDOSTBAYERNS

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Wilfried Huber

München, Dezember 1987

Tag der Promotion: 20.02.1987

Gutachter: Prof.Dr.P.Burschel

Prof.Dr.F.Franz

Prof.Dr.K.Kreutzer

VORWORT

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. P. Burschel, verdanke ich die Anregung zur Durchführung waldbaulicher Untersuchungen in geschädigten Fichtenjungbeständen Nordostbayerns. Für seine wissenschaftliche Beratung und seine vielseitige Förderung der Arbeit bin ich ihm zu größtem Dank verpflichtet.

Ebenso danke ich besonders Herrn Professor Dr. F. Franz, Leiter des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde, für seine jederzeit freundliche Unterstützung und die Überlassung von Standardprogrammen zur Auswertung ertragskundlicher Fragestellungen. Seinen Mitarbeitern, Herrn Dr. H. Röhle, Herrn Dr. H. Pretzsch und Herrn J. Schmidt, bin ich für die in zahlreichen Diskussionen gegebenen Anregungen zu Dank verpflichtet.

Danken möchte ich auch der Bayerischen Staatsforstverwaltung, insbesondere den Angehörigen der Forstämter Flossenbürg, Neureichenau, Wunsiedel, Zwiesel und der Nationalparkverwaltung Grafenau für die Hilfe bei den Aussenaufnahmen.

Sehr verbunden bin ich Frau Forstoberrätin E. Reigber für die Einführung in die Schadansprache junger Fichten gemäß der Bayerischen Waldschadensinventur sowie für die umfassenden Diskussionen und fachlichen Anregungen auf dem Gebiet der Nadelananlytik.

Nicht zuletzt gilt mein Dank allen Mitarbeitern des Lehrstuhls für Waldbau und Forsteinrichtung, insbesondere Frau K. Thoroe und den Herren M. Weber und H. El Kateb. K. Thoroe führte mit großer Sorgfalt das Wiegen des Biomassenprobematerials durch. Ohne M. Weber's starkes Engagement wären die umfangreichen Aussenarbeiten nicht zu erledigen gewesen. H. El Kateb fand stets Zeit, wenn es um die Diskussion statistischer Auswertungsverfahren ging. Mein ganz besonderer Dank schließlich gilt allen studentischen Hilfskräften, ohne die diese Studie nicht zustande gekommen wäre. Stellvertretend seien an dieser Stelle Frau H. Schuster und Frau Ch. Klus erwähnt, die ein großes Verdienst daran haben, daß die Arbeit termingerecht fertiggestellt werden konnte.

München, im Dezember 1986

W. Huber

(Wilfried Huber)

GLIEDERUNG

	SEITE
1. Einleitung	1
1.1. Problemstellung	1
1.2. Stand der Forschung	2
1.3. Ziele der Untersuchung	2
1.4. Teilbereiche der Untersuchung	2
2. Beschreibung des Untersuchungsgebietes	3
2.1. Geographische Lage der Probeflächen	3
2.2. Standortverhältnisse	4
2.2.1 Klima	4
2.2.2 Geologie	6
2.2.3 Böden	7
2.2.4 Vegetation	7
3. Methode	8
3.1 Die Vollaufnahme von Teilflächen der Probebestände	8
3.2 Das Stichprobenverfahren zur Aufnahme der Gesamtfläche	8
3.2.1 Anlage der Probeflächen	8
3.2.2 Die Intensivaufnahme	9
3.2.3 Die Extensivaufnahme	10
3.2.4 Mischbaumarten und überschirmte Verjüngungsflächen	10
3.2.5 Das Vorgehen im Gelände	10
3.2.6 Schematische Darstellung des Stichprobenverfahrens	12
3.3. Die Standortserkundung	12
3.3.1 Homogenität des Standortes	13
3.3.2 Bodenprofilbeschreibung	13
3.3.3 pH-Wert-Messung	13
4. Elektronische Datenverarbeitung	14
4.1 Datenaufbereitung	14
4.2 Programmkatalog	14
4.3 Beschreibung der EDV-Programme	14
4.3.1 EDV-Programm HOEHE	14
4.3.2 EDV-Programm VOLUM	15
5. Die waldbauliche Charakterisierung der Probebestände	16
5.1 Standortbeschreibung der Probeflächen	17
5.2 Waldbaulich-ertragskundliche Charakterisierung	17
5.2.1 Durchmesserverteilungen	19
5.2.2 Höhenkurven	21
5.3 Schadenssituation	23

	SEITE
5.3.1 Schadensumfang und Schadensverteilung	24
5.3.2 Der Einfluß der Überschildung auf den Gesundheitszustand	25
5.3.3 Der Einfluß des Schädigungsgrades auf die Höhenentwicklung	26
6. Methodik der Einzelbaumanalyse	28
6.1 Zweck der Einzelbaumanalyse	28
6.2 Die Auswahl der Analyseebenen	28
6.3 Die Kronenanalyse	29
6.4 Die Stammanalyse	30
6.4.1 Die Entnahme von Baumscheiben	30
6.4.2 Die Auswertung der Stammscheiben	30
6.5. Die Kronenbiomassenanalyse	30
6.5.1 Die Astbiomasse	30
6.5.2 Die Nadelbiomasse	32
6.5.3 Das Hundertnadelgewicht	32
6.5.4 Das Trocknen des Probematerials	32
6.5.5 Das Wiegen des Probematerials	32
6.6. Die Nadelanalyse	32
6.6.1 Die Gewinnung des Nadelmaterials	33
6.6.2 Die Aufbereitung des Nadelmaterials	33
6.6.3 Die nadelanalytischen Messungen im Labor	33
6.7. Elektronische Datenverarbeitung	34
6.7.1 Datenaufbereitung	34
6.7.2 Programmkatalog	34
6.7.3 Beschreibung der EDV-Programme	35
7. Ergebnisse der Einzelbaumanalyse	38
7.1 Ergebnisse der Stammanalyse	38
7.1.1 Die Zuwachsverläufe auf der Fläche 01 Neureichenau	39
7.1.2 Die Zuwachsverläufe auf der Fläche 02 Nationalpark	45
7.1.3 Die Zuwachsverläufe auf der Fläche 03 Nationalpark	51
7.1.4 Die Zuwachsverläufe auf der Fläche 04 Wunsiedel	55
7.1.5 Die Zuwachsverläufe auf der Fläche 05 Flossenbürg	60
7.1.6 Die Zuwachsverläufe auf der Fläche 06 Zwiesel	62
7.2 Ergebnisse der Kronenbiomassenanalyse	66
7.2.1 Die Diskriminanzanalyse zur Trennung von Zuwachsgruppen	69
7.2.2 Die Astzahlen und Astlängen	73
7.2.3 Die Astbiomassen	75
7.2.4 Die Nadelbiomassen	77
7.2.5 Die Hundertnadelgewichte	78
7.2.6 Die Anzahl Nadeln pro Baum	80
7.2.7 Die Nadelmasse im Verhältnis zum Astgewicht	81

	SEITE
7.2.8 Die Anzahl der Nadeln pro lfd. cm Ast	83
7.2.9 Volumenzuwachs und Nadelmasse	84
7.3 Ergebnisse der Kronenanalyse	86
7.3.1 Die Kronenmantelfläche	89
7.3.2 Volumenzuwachs und Kronenmantelfläche	91
7.4 Ergebnisse der Nadelanalyse	93
8. Regressionsanalytische Betrachtungen zum Stammwachstum	101
8.1 Vergleich der Vitalitätsweiser untereinander	101
8.2 Beziehungen zwischen dem Höhenzuwachs und den Einzelbaumparametern	106
8.3 Beziehungen zwischen dem Volumenzuwachs und den Einzelbauparametern	107
8.3.1 Volumenzuwachs und Elementgehalte halbjähriger Nadeln	107
8.3.2 Beziehungen zwischen Holzzuwachs, Nadelmasse, Kronenmantelfläche und Benadelungsprozent	109
8.3.3 Der Einfluß der Kronenmantelfläche und des Benadelungsprozentes auf die Nadelmasse	111
8.4 Herleitung der Zuwachsverlusten	112
9. Zusammenfassung	124
9.1 Ziel der Untersuchung	124
9.2 Untersuchungsgebiete und Versuchsbestände	124
9.3 Aufnahme- und Auswertungsverfahren	125
9.4 Die Bestandessituation	126
9.5 Wachstumsmerkmale unterschiedlich stark geschädigter Probestämme	127
10. Literaturverzeichnis	130
11. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	138
11.1 Abbildungen	138
11.2 Tabellen	143
12. Anhang	148

1. Einleitung

1.1. Problemstellung

Die unter dem Begriff "Waldsterben" bekannt gewordene Erkrankung von Waldbäumen trat Anfang der achtziger Jahre erstmals an Fichte im Bayerischen Wald auf (SCHÜTT 1980). Inzwischen sind nahezu alle einheimischen Baumarten befallen. In Bayern sind nach der jüngsten Waldschadensinventur (1985) bereits 61% der Waldfläche betroffen (KENNEL UND REITTER 1986). Die neuartigen Waldschäden wurden anfangs nur an älteren Bäumen und Beständen beobachtet. Schon bald jedoch zeigten sich lokal besorgniserregende Beeinträchtigungen auch an Verjüngungen und Jungbeständen. Vor allem an jungen Fichten in den Hochlagen des Bayerischen Waldes und im Fichtelgebirge sind heute stellenweise Schadenssymptome in erheblichem Umfang feststellbar. Im Hinblick auf die große Bedeutung der jungen Bestandesentwicklungsphasen für die Erhaltung des Waldes - insbesondere dort, wo Altbestände sich bereits in Auflösung befinden - erscheint es deshalb dringend geboten, möglichen Ursachen und Auswirkungen systematisch und umfassend nachzugehen. Unabhängig davon, ob die Ursachen für diese Waldschäden in absehbarer Zeit benannt werden können oder nicht, steht der Forstmann vor der Frage, wie betroffene Bestände waldbaulich zu behandeln sind. Aus der Erkenntnis heraus, daß er zur Rettung der Altbestände nur wenig beitragen können - Lösungen müssen aus dem technisch-zivilisatorischen Bereich kommen, der allem Anschein nach für diese Schäden verantwortlich zeichnet - wird er bei der Abwägung der zu ergreifenden Maßnahmen die nachfolgende Waldgeneration verstärkt in seine Überlegungen einschließen müssen. Dies setzt jedoch genaue Kenntnisse über den Zustand der jungen Bestandesentwicklungsphasen voraus. Nur dadurch kann ein adäquates, auf die neue Waldgeneration abgestimmtes Verjüngungsverfahren oder ein zweckmäßiger Pflegeeingriff in Jungbeständen gewählt werden.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich ausschließlich mit Fichtenbeständen. Neben einem kleinen Teilaspekt (Nadelanalysen) der auch der Ursachenforschung zuzuordnen ist, werden in erster Linie Auswirkungen der Waldschäden untersucht.



1.2. Stand der Forschung

Die Waldschadensforschung beschäftigte sich bisher nahezu ausschließlich mit Untersuchungen an Bäumen älterer Bestände. Dies erstaunt umso mehr, als gerade junge Fichten als hervorragende Bioindikatoren gelten und im Versuchswesen entsprechend genutzt werden. Unser Wissen über den Gesundheitszustand von Verjüngungen und Jungbeständen unter der gegenwärtigen Belastung von Schadstoffen ist deshalb ausgesprochen dürftig. Bekannt ist bisher nur, daß jüngere Bestände weniger stark geschädigt sind als ältere und daß regionale Unterschiede im Schadensausmaß auftreten (KENNEL und REITTER 1986). Erst seit kurzem werden auch die jüngsten Entwicklungsphasen in die Forschung miteinbezogen (GEHRMANN und ULRICH 1982, BECKER 1982, MITTERREITER 1985, BLOCH 1986, BURSCHEL 1986). Eingehende Zustandsanalysen, die sowohl ganze Verjüngungen und Jungbestände als auch einzelne Bestandesglieder umfassen, fehlen bisher gänzlich.

1.3. Ziele der Untersuchung

Die Untersuchung beschränkt sich ausschließlich auf Fichte der ersten beiden Altersklassen und verfolgt im einzelnen nachstehende Ziele:

- Ertragskundlich-waldbauliche Charakterisierung von zur Untersuchung vorgesehenen Verjüngungen und Jungbestände
- Erfassung von Umfang und Verteilung von Waldschäden in diesen Probebeständen
- Waldwachstumskundliche Interpretation der Zuwachsgänge gesunder und kranker Bäume aus diesen Beständen
- Erhebung der Biomassen geschädigter und ungeschädigter Bäume
- Darstellung der Nährstoffversorgung beeinträchtigter und unbeeinträchtigter Fichten an Hand von Nadelanalysen.

1.4. Teilbereiche der Untersuchung

Der Zielsetzung gemäß gliedert sich die Untersuchung in folgende zwei Hauptbereiche:

1. Die Flächenaufnahme geschädigter Fichtenverjüngungen und Fichtenjungbestände.
2. Die Baumanalysen gesunder und kranker Fichten aus diesen Beständen.

In Zusammenarbeit mit den Oberforstdirektionen Bayreuth und Regensburg wurde Kontakt mit allen Forstämtern dieses Gebietes aufgenommen. Bei einer ersten Begehung wurden dann 39 Verjüngungen und Jungbestände mit auffälligen Schadsymptomen ausgewiesen. Anschließend wurde ihre Eignung für die Untersuchung begutachtet. Folgende Kriterien sollten erfüllt werden:

- deutliche Waldschadenssymptome
- Zugehörigkeit zu den ersten beiden Altersklassen
- Verjüngung unter Schirm in unmittelbarer Nähe zu solcher auf Freifläche
- möglichst reine Fichte
- Flächengröße zwischen 0,2 ha und 1,0 ha.

6 Probebestände, die dem Forderungskatalog entsprachen, wurden schließlich ausgewählt. Sie liegen folgendermaßen im Untersuchungsgebiet (Tab.1):

Nr.	Forstamt	Abteilung	Wuchsgebiet	Wuchsbezirk
01	Nürnberg	Klausgupf	11 Bayer. Wald	11.3 Innerer Bayer. Wald
02	Nationalpark	Lusen	11 Bayer. Wald	11.3 Innerer Bayer. Wald
03	Nationalpark	Lusen	11 Bayer. Wald	11.3 Innerer Bayer. Wald
04	Wunsiedel	Krummer Ahorn	8 Frankenwald	8.3 Fichtelgebirge
05	Flossenbürg	Fuchslohe	10 Oberpf. Wald	10.4 Innerer Oberpf. Wald
06	Zwiesel	Eselrseige	11 Bayer. Wald	11.3 Innerer Bayer. Wald

Tab. 1: Die Lage der Untersuchungsbestände

Es handelt sich ausnahmslos um Fichtenreinbestände, die bewußt subjektiv ausgewählt wurden und daher keineswegs repräsentativ für das gesamte Untersuchungsgebiet sein können.

2.2 Standortverhältnisse

2.2.1 Klima

Die ost- und nordostbayerischen Grenzgebirge Bayerischer Wald, Oberpfälzer Wald und Fichtelgebirge liegen im Übergangsbereich von kontinentalem und maritimem Klima. In den Tief- und Mittellagen herrschen im allgemeinen kontinentale Klimaverhältnisse vor, mit zunehmender Höhenlage überwiegen dagegen maritime Einflüsse (PRIEHAÜSSER 1965). Die in Tabelle 3 zusammengefaßten wichtigsten Klimaparameter stammen von meteorologischen Stationen des Deutschen Wetterdienstes. Wichtig für deren Eignung ist neben der möglichst geringen Entfernung zu den Beständen vor allem eine diesen vergleichbare Höhenlage (Tab. 2).

Probebestand	Höhenlage über NN in m	Meßstation des DWD	Höhenlage der Meßstation über NN in m	Entfernung Meßstation/ Bestand in km
1 Neureichenau	885	Finsterau	1000	22
2 Nationalpark	1224	Gr.falkenstein	1310	23
3 Nationalpark	1215	Gr.falkenstein	1310	23
4 Wunsiedel	875	Fichtelberg	705	4
5 Flossenbürg	675	Altglashütte	750	3
6 Zwiesel	760	Buchenu	750	3

Tab.2: Lage der Klimastationen zu den Probebeständen (DWD = Deutscher Wetterdienst)

Fläche	Höhe über NN in m	Exp	Mittel des jährlichen Niederschl in mm	in der VP in mm	Jahres- mittel der T in °C	in der VP in °C	Tage mit Schnee	Zahl der Nebeltage
01 Neureichenau	885	W	1200-1400	300-400	5-6	12-13	100-120	50-100
02 Nationalpark	1225	W	1600-1800	400-450	3-4	10-11	150	100-150
03 Nationalpark	1215	W	1600-1800	400-450	3-4	10-11	150	100-150
04 Wunsiedel	875	SO	500-1200	250-350	5-6	11-12	80-100	60-120
05 Flossenbürg	675	SW	800-1000	300-350	5-6	12-13	150	70- 80
06 Zwiesel	760	W	1000-1300	280-320	5-6	12-13	100-120	50-100

Tab.3: Klimawerte der den Untersuchungsbeständen naheliegenden Wetterstationen (VP- Vegetationsperiode : 1.5 bis 30.9 eines Jahres)
(Quelle: Deutsche Meteorologische Jahrbücher, Deutscher Wetterdienst 1953-1983)

Die beiden Hochlagenbestände des Nationalparkes unterscheiden sich deutlich von den übrigen Beständen. Mit 1600-1800mm fallen pro Jahr 400-800mm Niederschläge mehr als in den anderen Beständen. Das Jahresmittel der Lufttemperatur liegt mit 3-4 °C um 2 °C unter dem der restlichen Bestände. Als weiterer wichtiger Weiser muß die Zahl der Nebeltage gelten. Zum einen ist der Nebel in den Hochlagen der Mittelgebirge oft mit einem Drittel am Jahresniederschlag beteiligt, zum anderen gibt es Hinweise darauf, daß er auf Grund seines hohen Säuregehaltes und seiner langen Verweildauer im Bestandeskronendach Ätزشäden an Nadeln hervorrufen kann (HÜSER und DUNKEL 1985) und die Infektion durch pathogene Pilze fördert (KAZDA und GLATZEL 1986). Die Zahl der Nebeltage in den Probebeständen variiert zwischen 50 (01 Neureichenau) und 150 (02/03 Nationalpark).

2.2.2 Geologie

Die bayerischen Mittelgebirge Bayerischer Wald, Oberpfälzer Wald und Fichtelgebirge gehören zum größten Grundgebirgszug Mitteleuropas, der Böhmisches Masse (STETTNER 1981), die in 2 Zonen unterteilt ist:

- die moldanubische Region mit Oberpfälzer und Bayerischem Wald im Süden
- die saxothuringische Region mit Fichtelgebirge und nördlichem Oberpfälzer Wald im Norden.

Eine klare Abgrenzung der beiden Einheiten ist geologisch nicht möglich, da sie wahrscheinlich miteinander verschuppt sind (TEUSCHER 1964). Die moldanubische Region lag bereits zu Beginn der variskischen Gebirgsbildung als konsolidierter Block vor. Einer ersten Faltung am Ende des Präkambriums folgten weitere Verformungen, die schließlich in der variskischen Ära gegen Ende des Paläozoikums zur heutigen kristallinen Prägung dieses Gebietes führten. Bayerischer und Oberpfälzer Wald bestehen hauptsächlich aus Graniten, mehrfach tektonisch umgeprägten, polymetamorphen Gneisen und Glimmerschiefern. Die durch Metamorphose aus Sedimenten hervorgegangenen Paragneise überwiegen gegenüber den Orthogneisen aus Granit.

Die orogene Hauptprägung und Metamorphose der saxothuringischen Region erfolgten in der variskischen Ära. Nach Abschluß dieser Gebirgsbildung drangen nach WURM (1962) im Fichtelgebirge granitische Schmelzflüsse empor, die aber erst später nach Abtragung der Schieferhüllen als granitische Magmakerne zum Vorschein traten. Der Zentralstock des Fichtelgebirges im Raum des Ochsenkopfes und Schneeberges wird von solchen Graniten eingenommen. Die von diesen Graniten ausgehende Kontaktwirkung auf die Hüllgesteine hatte weitreichende Kristallisationen zur Folge: Es entstanden Fleck-, Knoten- und Kontaktglimmerschiefer sowie Hornfelse und Hornfelsgneise. Unter dem Einfluß subtropischen Klimas im Tertiär unterlag das Gebiet tiefgründiger Verwitterung, die sich im Fichtelgebirge und im Oberpfälzer Wald in einer flächenhaft verbreiteten Kaolinisierung äußert. Während des Quartärs schließlich bildeten sich tiefe kerbenförmige Taleinschnitte und stark verdichtete Fließerdedecken.

2.2.3 Böden

Basenarme, silikathaltige und quarzreiche Granite und Gneise bilden den geologischen Untergrund in den Probeständen. Aus ihnen sind im Zuge der Pedogenese über Ranker-Vorstufen Braunerden, Podsol-Braunerden und Podsole hervorgegangen (REHFUESS 1981), die vor allem in den Hochlagen oft durch eiszeitliche Vorgänge geprägt sind. Unter einer mehr oder weniger mächtigen sandig-gneisigen Lehmauflage liegt meist steinhart verfestigter Schutt. Im Bayerischen Wald sind diese Böden als "Firneisgrundschuttböden", im Fichtelgebirge als "Kipperböden" bekannt. Daneben kommen aber auch Fels- und Blockböden, sowie in den unteren Hanglagen Fließerden vor. Abhängig vom Grad der Podsolierung reicht die Nährstoffversorgung der Böden von gering bis gut.

2.2.4 Vegetation

Die Einordnung der 6 Untersuchungsbestände nach der natürlichen Waldzusammensetzung von FOERST und KREUTZER (1978) sowie nach der potentiellen natürlichen Vegetation Bayerns nach SEIBERT (1968) kann aus Tabelle 4 entnommen werden.

Probestand	natürl. Waldaufbauform nach FOERST u. KREUTZER	potentielle natürliche Vegetation nach SEIBERT
01 Neuröichenau	BM/Fi	Soldanella-Piceetum
02 Nationalpark	BM/Fi	Soldanella-Piceetum
03 Nationalpark	BM/Fi	Soldanella-Piceetum
04 Wunsiedel	BM/Fi	Vaccinio-Piceetum
05 Flossenbürg	BM/Fi	Vaccinio-Piceetum
06 Zwiesel	BU/Fi	Vaccinio-Piceetum

Tab. 4: Waldaufbauform und Vegetationseinheit der Probestände

Beschreibung der natürlichen Waldaufbauformen:

- BM/Fi: Submontane und montane Bergmischwälder mit höhenzonal und kleinstandörtlich wechselnden Anteilen von Buche, Tanne, Fichte und Bergahorn. In der montanen Stufe Fichte dominierend, Buche zurücktretend, darüber hochmontane Fichtenwälder.
- BU/Fi: Submontane Buchen-Fichtenwälder mit Tanne und montane Fichten-Buchenwälder des Inneren Oberpfälzer Waldes.

3. Methode

Die Arbeitsmethode wurde am Beispiel des Probebestandes 06 Zwiesel im Detail entwickelt. Zur Erhebung der Bestandesdaten kamen zwei verschiedene Verfahren zur Anwendung:

- die Vollaufnahme
- die Stichprobenaufnahme

3.1 Die Vollaufnahme von Teilflächen der Probebestände

Eine komplette Vollaufnahme der Probeflächen war aufgrund der hohen Pflanzenzahlen nicht durchführbar (z.B. Probefläche 06 Zwiesel: $N=20600\text{ha}$). In jeden Probebestand wurden daher 3 Teilflächen, deren Größe abhängig von der Bestandesdichte war, gelegt, auf denen insgesamt mindestens 100 Bäume stehen mußten. An allen Bäumen dieser Teilflächen wurden folgende Daten erhoben:

- Brusthöhendurchmesser (mm) in 1,3m Höhe mit dem Umfangmaßband
- Baumhöhe (cm) mit der Teleskop-Meßlatte.

Die Vollaufnahme dient zur waldbaulich-ertragskundlichen Charakterisierung der Untersuchungsbestände, vor allem zur Erfassung der Stammzahlen, der Durchmesserverteilungen, der Höhenkurven sowie der Grundflächen- und Volumenhaltung.

3.2 Das Stichprobenverfahren zur Aufnahme der Gesamtfläche

Über die Stichprobenaufnahme können Aussagen über Art, Umfang und Verteilung von Schäden auch in großen durch Vollaufnahmen nicht erfassbaren Beständen gemacht werden.

3.2.1 Anlage der Probeflächen

In jedem Untersuchungsbestand wurde eine Probefläche ausgeschieden, deren Größe zwischen 0,425ha und 0,700ha schwankt und den größten Teil des jeweiligen Bestandes umfaßte. Über jede dieser Flächen wurde ein Stichprobennetz mit einer Rastergröße von 5 x 5 m gelegt. Im Idealfall einer 0,5ha großen Fläche ergibt sich daraus eine Stichprobenzahl von 200 ($5 \times 5\text{m} = 25\text{qm} \times 200 = 5000\text{qm} = 0,5\text{ha}$). Diese systematisch über den Bestand verteilten Rasterflächen werden im folgenden als Aufnahmeeinheiten bezeichnet, deren Zentrum der geometrische Mittelpunkt jeder

Rasterfläche ist. Von den so entstandenen Aufnahmeeinheiten wurde eine Hälfte intensiv, die andere extensiv aufgenommen.

3.2.2 Die Intensivaufnahme

Beim Intensivaufnahmeverfahren wurde auf jeder Aufnahmeeinheit je ein Bestandesglied der sozialen Klassen "Vorherrschend", "Mitherrschend" und "Unterdrückt" aufgenommen. Die Aufteilung des Baumkollektivs geschah nach folgender Definition:

Vorherrschend: der absolut höchste Baum einer Aufnahmeeinheit

Mitherrschend: derjenige Baum, der im Höhenbereich zwischen 51% und 80% des "Vorherrschenden" liegt und diesem am nächsten steht

Unterdrückt : derjenige Baum, der im Höhenbereich zwischen 20% und 50% des "Vorherrschenden" liegt und diesem am nächsten steht

An den so ausgeschiedenen 3 Fichten je Aufnahmeeinheit wurden folgende Daten erhoben:

- Brusthöhendurchmesser (mm) mit dem Umfangmaßband in 1.3m Höhe
- Höhe (cm) mit der Teleskop-Meßlatte
- Höhenzuwächse (cm) der letzten 5 Jahre mit der Teleskop-Meßlatte
- biotische und abiotische Schäden, rangskaliert
(1= leicht, 2= mittel, 3= stark)
- Schadklasse nach der Bayerischen Waldschadensinventur (WSI). In die okulare Schadansprache gehen Nadelverlust und Nadelverfärbung ein. Der Grad des Schadens wird nach einer vorgegebenen Skala eingestuft (Tab 5).

Nadelverlust in %	Schadklasse aufgrund von Nadelverlust	E N D S C H A D S K L A S S E		
		Anteil vergilbter Nadeln in % 0-25	26-60	61-100
0-10	0	0	1	2
11-25	1	1	2	2
26-60	2	2	3	3
61-99	3	3	3	3
100	4	4	4	4

Tab. 5: Kombinationstabelle zur Ermittlung der Endschadklasse aus Nadelverlust und Nadelvergilbung (KENNEL und REITTER 1986)
Vitalitätsklassen: 0= gesund, 1= kränkelnd, 2= krank,
3= stark krank, 4= tot

3.2.3 Die Extensivaufnahme

Die Extensivaufnahme beschränkte sich auf vorherrschende Fichten, von denen Brusthöhendurchmesser, Höhe, biotische und abiotische Schäden sowie die Schadklasse ermittelt wurden. Zusammen mit den Bäumen der Intensivaufnahme bilden sie das Gesamtkollektiv aller aufgenommenen Pflanzen einer Fläche. Für die spätere Einzelbaumanalyse, dem zentralen Teil dieser Studie, wurden ausschließlich Fichten der Extensivaufnahme ausgewählt und zur weiteren Bearbeitung entnommen.

Alle aufgenommenen Bäume wurden fortlaufend nummeriert. Die Fichten der Intensivaufnahme erhielten auf jeder Parzelle die Nummern 1- 300 und können so jederzeit weiterbeobachtet werden (permanente Stichprobeninventur). Die Bäume der Extensivaufnahme bekamen die Nummern 301-400.

3.2.4 Mischbaumarten und überschirmte Verjüngungsflächen

Wie bereits eingangs erwähnt, beschränkt sich diese Untersuchung auf Fichte. Auftretende Mischbaumarten wurden jedoch notiert und auf etwaige Schäden hin angesprochen.

Das dargestellte Aufnahmeverfahren fand auf allen sechs Untersuchungsflächen, ob mit oder ohne Schirm, Anwendung. Zur Verjüngungsfläche ohne Schirm zählten dabei alle Bestandesteile, die mehr als 5m vom angrenzenden Altholzrand entfernt waren.

3.2.5 Das Vorgehen im Gelände

Im Gelände hat sich folgendes Vorgehen als zweckmäßig und zeitsparend erwiesen:

- Abschreiten der Untersuchungsfläche zur Abschätzung von Größe und Ausformung
- Wahl der geeigneten Rastergröße für das Stichprobennetz
- Festlegen der Basislinie des Stichprobennetzes: Die Basislinie verläuft i.d.R. entlang der längsten Seite des Probebestandes. Sie wird mit Kompaß und Fluchtstäben eingemessen und durch ein Maßband kenntlich gemacht
- Einrichten der ersten Aufnahmereihe senkrecht zur Basislinie mit Hilfe von Kompaß, Teleskop-Meßlatte und Maßband (Jungbestände sind meist dicht und tief bekront. Ein Durchpeilen durch den Bestand ist, selbst über kurze Entfernungen, nicht möglich. Es kann daher nicht wie sonst üblich, mit Winkelspiegel und Fluchtstäben ge-

arbeitet werden).

- Auslegen einer Hilfslinie an dem der Basislinie gegenüberliegenden Bestandesrand: Die Hilfslinie steht senkrecht zur ersten Aufnahme-reihe und verläuft somit parallel zur Basislinie. Sie erspart das mühsame und zeitraubende Einfluchten einer jeden neuen Aufnahmereihe mit dem Kompaß. (Im Bestand liegt nun ein Rechteck, von dem 3 Seiten durch Maßbänder sichtbar gemacht sind).
- Verpflocken von Anfangs- und Endpunkt der Basislinie.
- Eigentliche Datenerhebung:

Das Maßband der ersten Aufnahmereihe verläuft genau durch die Mitte der zugehörigen Aufnahmeeinheiten. Der geometrische Mittelpunkt einer Aufnahmeeinheit kann also direkt auf dem Maßband abgelesen werden. Die Meßperson begibt sich zum ersten Aufnahmezentrum und kennzeichnet dieses mit dem Fluchtstab. Nun werden alle unter 3.2.2 und 3.2.3 beschriebenen Arbeiten durchgeführt und die erhobenen Daten auf eigens hierfür entwickelte Formblätter übertragen. Sind alle Messungen getätigt, schreitet der Aufnehmer weiter zum nächsten Aufnahmezentrum. Nachdem alle Aufnahmeeinheiten abgearbeitet sind, wird zum Abschluß ein Lageplan vom Probebestand angefertigt. Ihm ist sowohl die Bestandesausformung als auch die Verteilung der einzelnen Aufnahmeeinheiten zu entnehmen. Mit der hier dargelegten Methodik zur Flächenaufnahme wurden von Mitte August bis Ende Oktober 1984 sechs Probebestände aufgenommen.

3.2.6 Schematische Darstellung des Stichprobenverfahrens

Abbildung 2 zeigt eine schematische Übersicht des Stichprobenverfahrens am Beispiel der Probefläche 06 Zwiesel.

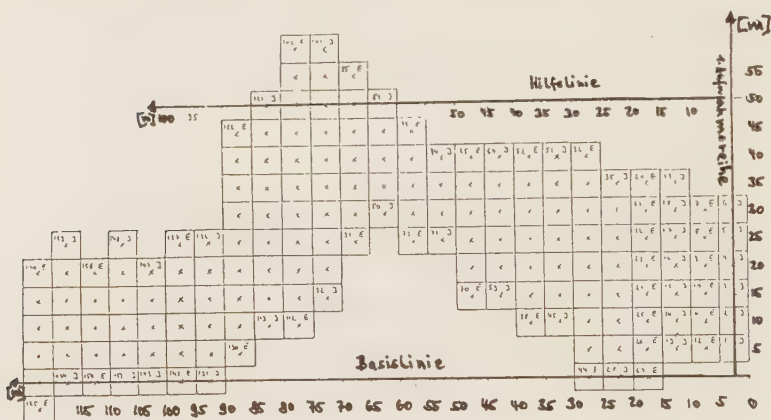


Abb.2: Schema der Flächenaufnahme mit dem Stichprobenverfahren

Probefläche 06 Forstamt Zwiesel Flächengröße 0,425 ha

E= Extensiv-Aufnahme

I= Intensiv-Aufnahme

x= Aufnahmeeinheit mit Zentrum

1-170= fortlaufende Stichprobenzahl = Zahl der Aufnahmeeinheiten

3.3. Die Standortserkundung

Die Standortserkundung wurde auf allen Probeflächen im Anhalt an die Richtlinie "Forstliche Standortsaufnahme" des Arbeitskreises Standortskartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung (1978) durchgeführt. Die dabei anfallende forstliche Bodenuntersuchung sollte nach ULRICH et al.(1984) so ausgerichtet sein, daß zum einen der chemische und biologische Gesamtzustand des Bodens zu erkennen ist und zum anderen in Verbindung mit Standortparametern, wie Humusform und Podsoligkeit, auch Aussagen über die Nährstoffversorgung der Bäume gemacht werden können. ULRICH et al.(1984) schlagen hierzu eine Reihe von Verfahren vor, von denen im Rahmen dieser Untersuchung nur die wichtigsten durchgeführt werden konnten: Genaue Ansprache der Humusform und des Bodenprofils sowie pH-Wert Messung.

3.3.1 Homogenität des Standortes

Die Homogenität wurde durch Probeentnahmen mit dem Bohrstock überprüft. Dazu wurde über die Probefläche ein Gitternetz mit 10m Maschenweite angelegt und an jedem Knotenpunkt eine Probebohrung vorgenommen. Anhand dieser Ergebnisse wurden anschließend ein oder zwei Bodeneinschläge pro Fläche angelegt.

3.3.2 Bodenprofilbeschreibung

Mit Hilfe der Bodeneinschläge erfolgte auch eine detaillierte Horizontcharakterisierung nach folgenden Kriterien:

- Mächtigkeit : Messung mit dem Meterstab
- Bodenart : Bestimmung durch die Fingerprobe
- Gefüge : Ansprache
- Carbonatgehalt : Schätzung nach Zugabe von 10%iger Salzsäure
- Skelettanteil : Schätzung des Raumprozentos
- Humusgehalt : Schätzung an Hand der Bodenfarbe

Daneben wurden Durchwurzelungstiefe und Wassergehalt sowie die Humusform des Bodens bestimmt.

3.3.3 pH-Wert-Messungen

Die pH-Messung stellt eine einfache und billige Form der Bodenuntersuchung dar, mit dem nach MEJWES et al. (1984) der Boden Pufferbereichen zugeordnet werden kann, die wiederum Ausdruck seiner chemischen Eigenschaften sind. Eine direkte pH-Wert-Messung der Bodenlösung im Boden am Standort ist meßtechnisch unmöglich (RUHLICKE 1984). Die pH-Messung erfolgte daher im Labor im Anhalt an die von ULRICH et al. (1984) vorgeschlagene Methode. Von den drei Wänden eines Profils wurde für jeden Horizont eine Mischprobe gewonnen. Zu je 10g des luftgetrockneten Bodens wurden 25 ml H₂O und 25ml CaCl₂-Lösung gegeben. Nach 2 Stunden wurde der pH-Wert mit Hilfe einer Glaselektrode gemessen.

4. Elektronische Datenverarbeitung

4.1. Datenaufbereitung

Alle erhobenen Daten wurden auf eigens hierfür entwickelten Formblätter übertragen und zur weiteren Verarbeitung auf elektronische Datenträger gespeichert. Die Berechnungen wurden auf der IBM-Grossrechenanlage des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten durchgeführt.

4.2. Programmkatalog

Für die statistische Auswertung der Bestandesdaten wurden EDV-Programme der BMDP-Programmbibliothek der Universität von Kalifornien, Los Angeles (UCLA), sowie Standardprogramme des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde benutzt.

Im einzelnen wurden folgende EDV-Programme verwendet:

- 1) BMDP-81 Programme
 - BMDP-1D: Einfache Datenbeschreibung
 - BMDP-7D: Analyse gruppierter Daten
- 2) Standardprogramme des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde
 - HOEHE (A.SCHMIDT, 1967)
 - VOLUM (A.SCHMIDT, 1966)

4.3 Beschreibung der EDV-Programme

Die bei der Auswertung angewandten EDV-Programme des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde werden im folgenden kurz dargestellt. Auf eine Beschreibung der benützten BMDP-Programme wird verzichtet, Erläuterungen hierzu befinden sich in dem von DIXON (1981) herausgegebenen Band BMDP-83 der Serie Biomedical Computer Programs, University of California Press.

4.3.1 EDV-Programm HOEHE

Eingabedaten für diese Programm sind die Meßwertpaare Brusthöhen-durchmesser und Baumhöhe eines Kollektivs von Bäumen, bzw. eines Bestandes. Das Programm HOEHE errechnet aus diesen Meßwerten Bestandeshöhenkurven, wobei die Baumhöhe (h) als Funktion des Brusthöhendurchmessers (d) aufgefaßt wird. Die Abweichungen der einzelnen Höhenmeßwerte von einer errechneten Höhen-Ausgleichskurve

werden dargestellt und auf Plausibilität geprüft. Auf regressionsanalytischem Weg werden Bestandeshöhenkurven nach folgenden sechs Funktionstypen berechnet:

- | | |
|--|--|
| 1) $h = a + b \cdot d + c \cdot d^2$ ASSMANN (1943) | 4) $h = e^{(a + b \cdot \ln d + c \cdot \ln^2 d)}$ KORSUN (1935) |
| 2) $h = 1.3 + \frac{d^2}{a + b \cdot d + c \cdot d^2}$ PRODAN (1951) | 5) $h = a + b \cdot \ln d$ |
| 3) $h = 1.3 + \left(\frac{1}{a + \frac{b}{d}} \right)^n$ PETTERSON (1955) | 6) $h = e^{(a + b \cdot \ln d + c \cdot d)}$ FREESE (1964) |

Für jeden Funktionstyp werden die Regressionskoeffizienten, die statistischen Kennwerte der Regressionsanalyse und eine Wertetabelle ausgegeben. Auf Wunsch werden bestimmte Höhenkurven gezeichnet. Anhand der Bestimmtheitsmaße und durch einen graphischen Vergleich, wobei der Verlauf der Schätzfunktion durch die Punkteschar der Meßwerte geprüft wird, läßt sich die Eignung der unterschiedlichen Funktionstypen beurteilen. Bei den Berechnungen im Rahmen dieser Arbeit erwies sich der von PETTERSON (1955) formulierte Funktionstyp als sehr geeignet und wurde daher für die Nachbildung der Bestandeshöhenkurven ausgewählt.

4.3.2 EDV-Programm VOLUM

Das Programm berechnet alle wesentlichen ertragskundlichen Bestandeskennwerte gesondert für maximal zehn verschiedene Baumarten. Es werden hierfür die Brusthöhendurchmesser aller Bäume einer Fläche und die Koeffizienten der bestgeeigneten Höhenkurve eingelesen. Für die Volumenberechnung werden die Formzahlen aus Formzahlfunktionen abgerufen, die im Programm enthalten sind. Die Massenberechnungen werden, geordnet nach Durchmesserstufen, einzelstammweise durchgeführt und aufgelistet ausgegeben. Weiter wird eine Zusammenstellung aller ertragskundlichen Flächenkennwerte ausgedruckt. Für die Volumenberechnungen wurden einheitlich die Derbholzformzahlgleichungen für Fichte der GRI 1970/71 verwendet (vgl. FRANZ, 1971).

5. Die waldbauliche Charakterisierung der Untersuchungsbestände

Gemäß der Zielsetzung - Schadsituation ganzer Bestände und Wuchsverhalten einzelner Bestandesglieder - folgt die Untersuchung einem zweigliedrigen Ansatz. Der anstehende erste Ergebnisteil liefert eine detaillierte Beschreibung der Probestflächen hinsichtlich Böden, waldbaulich-ertragskundlicher Struktur und Waldschäden.

Probestfläche	Standortseinheit	Bodentyp	Horizont	Mächtigkeit (cm)	Bodenart	pH-Wert H ₂ O	pH-Wert CaCl ₂
01 Neuriedenau	mittelgründiger,	leicht pod-	Ol/T/h	0-0	-	3,91	3,20
	frischer, sandiger	solierter	Ah	0-6	sl	4,45	3,87
	Lehm auf Granit-	Braunerde	Ach	6-13	sl	4,62	4,21
	hangschutt,	unter multi-	Bvs	13-26	sl	4,61	4,25
	skelettreich	artigen	Bv	26-47	sl	4,65	4,42
		Moder	BvCv	>47	sl	4,70	4,61
02 Nationalpark	flachgründiger,	Podsol-	Ol/T/h	8-0	-	4,38	3,50
	frischer, sandiger	Braunerde	Ach	0-10	sl	3,88	3,20
	Lehm auf Granit-	unter typ.	Ahe	10-25	ls	4,11	3,49
	hangschutt,	Moder	Bsv	25-35	sl	4,20	3,90
	skelettreich		BvCv	35-50	sl	4,44	4,37
03 Nationalpark	flachgründiger,	Podsol-	Ol/T/h	4-0	-	4,00	3,40
	frischer bis grund-	Braunerde	Ah	0-4	sl	3,81	3,17
	frischer, dichter,	unter multi-	Ach	4-12	ls	4,02	3,39
	sandiger Lehm auf	artigen	BvsCv	12-40	sl	4,60	4,31
	Granithangschutt	Moder	Cv	>40			
04 Wunsiedel Profil A	mittelgründiger,	Podsol	Ol/T/h	8-0	-	3,39	2,52
	mäßig frisch bis	unter	Ae	0-12	sl	3,84	2,88
	frischer, sandig-	Rehumus	Bh	12-18	(s)L	3,70	2,95
	grusiger Lehm	Bs	18-41	sgrol	4,37	3,60	
	aus Orthogneis-	BvCv	41-62	sgrol	4,71	4,21	
	verwitterung	Cv	>62				
04 Wunsiedel Profil B	flachgründiger,	Amoorfey	Aa	0-25	tl	3,80	3,06
	feuchter bis nasser	mit Stauwas-	GrGo	25-35	tl	4,17	3,33
	toniger Lehm aus	sereneinfluß	CvCn	>35			
	Orthogneisverwitt.						
05 Flossenbürg	tiefgründiger,	podsolique	Ol/T/h	8-0	-	3,62	2,75
	mäßig frischer,	Braunerde	Ach	0-2	sol		
	sandig-grusiger	unter roh-	Ah	2-18	sol	3,90	3,07
	Lehm aus Granit	humusartigen	Bhs	18-28	sgrol	4,53	4,41
	verwitterung	Moder	Bv	28-68	sgrol	4,62	4,38
			Cv	>68			
06 Wiesel	mittelgründiger	podsolique	Ol/T/h	3-0	-	4,09	3,27
	mäßig frisch -	Braunerde	Ach	0-8	sl	3,92	3,21
	frischer, sandiger	unter multi-	Bsv	8-21	sl	4,11	4,13
	Lehm aus Granit-	artigen	Bv	21-50	sl	4,54	3,68
	hangschutt	Moder	BvCv	>50	sl	4,63	4,29

Tab. 6 : Ergebnisse der Bodenanalyse und daraus resultierende Ausscheidung von Standorteinheiten

5.1 Standortbeschreibung der Probeflächen

Die Probebohrungen mit dem Bohrstock zeigten, daß in allen Flächen homogene Standortverhältnisse vorlagen. Eine Ausnahme hiervon bildete lediglich die Probefläche 04 Wunsiedel. Hier wurden deshalb auch zwei Profile angelegt, während in allen anderen Fällen eines genügte. Die Ergebnisse der pH-Messungen sowie die Bodenprofilbeschreibungen und die daraus resultierende Ausscheidung von Standortseinheiten sind Tabelle 6 zu entnehmen. Die Resultate stimmen sehr gut mit früheren Untersuchungen überein, die BOSCH et al.(1983) im Bayerischen Wald, sowie ZUCKER et al.(1985) im Fichtelgebirge durchgeführt haben. Die von REHFUESS untersuchten Böden am Dreisessel (vgl. Probefläche 01 Neureichenau) sind auffallend humos und zeichnen sich durch hohe Stickstoff- und Phosphorgehalte aus. Die Ausstattung mit Gesamt-Magnesium und -Calcium ist minimal, die mit Gesamt-Kalium außergewöhnlich gut. In den Böden des Hochlusen (vgl. Probeflächen 02/03 Nationalpark) sind neben Stickstoff und Kalium auch Magnesium und Calcium in ausreichendem Umfang vorhanden. Die von ZECH untersuchten Böden in Oberwarmersteinach im Fichtelgebirge (vgl. Probefläche 04 Wunsiedel) wiesen im Mineralboden sehr niedrige Basensättigung sowie extrem geringe Gehalte an austauschbarem Calcium und Magnesium auf.

5.2 Waldbaulich-ertragskundliche Charakterisierung

Die unter 3.1 beschriebene Vollaufnahme von Teilflächen der Probebestände liefert eine genaue waldbaulich-ertragskundliche Charakterisierung derselben. Der waldbaulichen Bestandesbeschreibung in Tab.7 ist zu entnehmen, daß nahezu alle im Untersuchungsgebiet vorkommenden Erscheinungsformen von Fichtenjungbeständen vertreten sind.

Probebestand	Größe in ha	mittl. Alter	Begründung	natürliche Altersphase	Altholz- schirm
01 Neureichenau	0,52	30	Pflanzung	Stangenholz	-
02 NPV	0,53	25	NVJ/femel	angch. Stangenh.	-
03 NPV	0,70	25	NVJ/Schirm	angch. Stangenh.	+
04 Wunsiedel	0,55	20	NVJ/Schirm	angch. Stangenh.	+
05 Flossenbürg	0,50	14	Pflanzung	Kultur	-
06 Zwiesel	0,42	15	NVJ/femel	Dickung	-

Tab. 7: Waldbauliche Charakterisierung der Untersuchungsbestände
NVJ - Naturverjüngung

Allen Probebeständen ist gemeinsam, daß bisher noch keinerlei waldbauliche Maßnahmen durchgeführt wurden. Im einzelnen weisen die sechs Bestände folgende Besonderheiten auf:

- 01 Neureichenau: dieser älteste Probestand entstand durch Bepflanzung einer ehemaligen landwirtschaftlichen Weidefläche
- 02 Nationalpark: der Altbestand weist die für die Hochlagen typische Rottenstruktur auf. Darin befindet sich der aus Femelverjüngung hervorgegangene Probestand.
- 03 Nationalpark: der über der Fläche stehende Altholzschirm ist derselbe, in dem auch die drei Femellöcher der Fläche 02 Nationalpark liegen, so daß etwaige Schirmeinwirkungen deutlich gemacht werden können.
- 04 Wunsiedel : der über dem Jungbestand stehende Altholzschirm wurde seit 1980 durch wiederholte Windwürfe, Waldschäden und Borkenkäferbefall stark aufgelichtet.
- 05 Flossenbürg : der mit 14 Jahren jüngste Bestand weist als einziger noch keinen Dichtungsschluß auf.
- 06 Zwiesel : der stammzahlreichste Jungbestand wird auf seiner nördlichen Längsseite von einem Buchenaltholz begrenzt. Im Probestand befinden sich daher vereinzelt, noch nicht einmal kniehohe Buchen.

Die Ergebnisse der ertragskundlichen Grundlagenauswertung sind in Tab.8 zusammengefaßt. Sie vermittelt einen Überblick über Teilflächengröße, Stammzahlen, Alter, Brusthöhendurchmesser, Höhen, Grundflächen und Volumen. Die in der Tabelle aufgeführten Stammzahlen enthalten nur Bäume, die höher als 1,3m und in Brusthöhe dicker als 0,3 cm sind. Bei den Vorratswerten handelt es sich um Schaftholzvolumen, da die meisten Bäume die Derbholzgrenze (7cm) in Brusthöhe noch nicht erreicht haben, was auch am Mitteldurchmesser klar zum Ausdruck kommt.

Probestfläche	Probe- flächen- größe (ha)	Alter- rahmen (Jahre)	Mittel- durch- messer (cm)	Ober- durch- messer (cm)	Mittel- höhe (m)	Ober- höhe (m)	Stamm- zahl (N/ha)	Grund- fläche (G/ha)	Schaft- holz- volumen (Vfm/ha)
01 Neureichenau	0,52	30	9,74	15,45	8,35	11,15	3545	26,44	125,45
02 Nationalpark	0,53	10-40	6,32	14,07	3,64	8,32	2515	1,90	25,12
03 Nationalpark	0,70	10-40	5,06	9,14	3,03	5,16	764	1,53	4,22
04 Wunsiedel	0,55	10-40	5,15	12,77	3,55	7,51	2825	5,87	18,42
05 Flossenbürg	0,50	14	2,19	6,02	2,35	4,16	2433	0,92	2,87
06 Zwiesel	0,45	5-30	2,08	6,00	2,27	3,81	12000	4,33	12,74

Tab.8 : Ertragskundliche Charakterisierung der Probestflächen

Die Stammzahlen pro Hektar liegen zwischen 764 und 12800, die mittleren Bestandesalter zwischen 14 und 30 Jahren, wobei die aus Naturverjüngung hervorgegangenen Bestände durch hohe Ungleichalterigkeit gekennzeichnet sind. Der Mitteldurchmesser reicht von 2,08cm bis 9,74cm. Der Oberhöhendurchmesser von 6,0cm bis 15,45cm. Die Mittelhöhe schwankt zwischen 2,27m und 8,35m, die Oberhöhe zwischen 3,81m und 11,15m. Die Grundflächen bewegen sich zwischen 0,92qm und 26,44qm, die Schaftholzvolumina zwischen 2,87 Vfm und 125,45 Vfm pro Hektar. Der Einfluß der Stammzahl auf Grundfläche und Volumen ist am Beispiel der beiden Probeflächen 05 Flossenbürg und 06 Zwiesel besonders gut zu erkennen. Beide Bestände haben nahezu identische Alter, Mitteldurchmesser und Mittelhöhen. Auf der Fläche 06 Zwiesel stehen aber mehr als fünfmal so viele Bäume wie auf der Fläche 05 Flossenbürg. Dementsprechend sind auch Grundfläche und Volumen des Naturverjüngungsbestandes größer als die der Kultur.

5.2.1 Durchmesserverteilungen

Die Durchmesserverteilungen gewähren einen genauen Einblick in die Bestandesstruktur (Abb. 3). Gleichaltrige Fichtenjungbestände sind charakterisiert durch eingipfelige, linksschiefe, von einer Normalverteilung leicht abweichenden Kurvenform, wie sie z.B. Probefläche 05 Flossenbürg aufweist. Mit zunehmendem Alter nimmt auch die Streubreite der Durchmesser zu. Die Kurve wird infolge der Stammzahlverringering flacher, wie bei Bestand 01 Neureichenau zu sehen ist. Abweichend von der Norm ist allerdings die leichte Rechtsschiefe dieser Verteilung. Die Ursachen hierfür dürften in den sehr starken Waldschäden begründet liegen, die in diesem Bestand seit 1982 sichtbar sind. Sie führten zu starker Kronenverlichtung des Hauptbestandes und damit zu einer besseren Belichtung der sozial schwachen Bestandesglieder, so daß diese überleben konnten und nicht wie unter normalen Umständen abstarben. Die hohe Ungleichalterigkeit der übrigen vier, aus Naturverjüngung hervorgegangenen Bestände, führt zu einer größeren Variationsbreite der Stammzahlverteilungen und zu unregelmäßigen Kurvenverläufen, die plenterartig (06 Zwiesel), eingipfelig (02 Nationalpark und 04 Wunsiedel) oder zweigipfelig (03 Nationalpark) sein können.

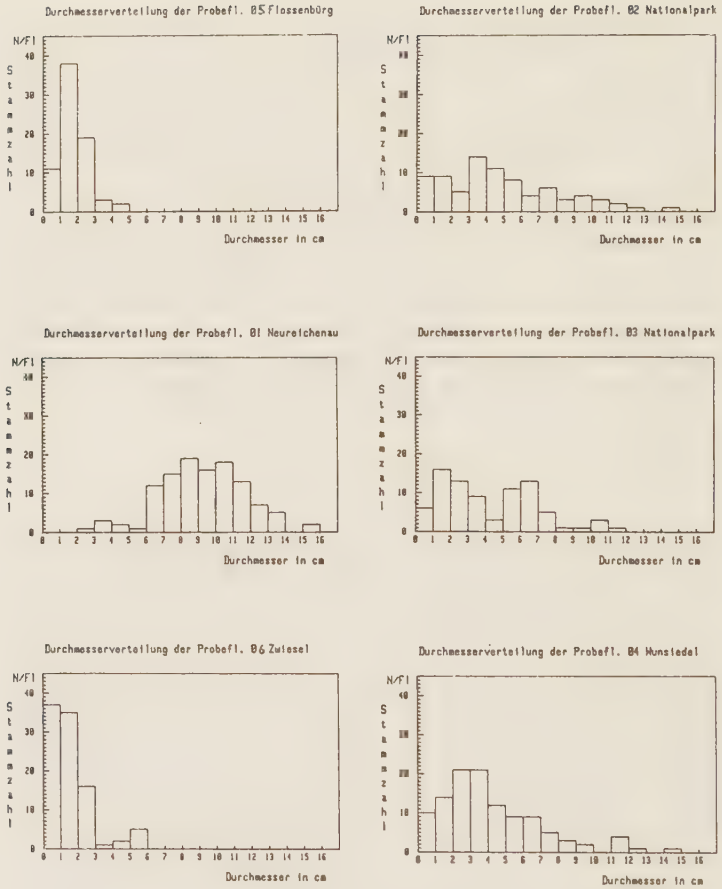


Abb. 3: Stammzahlverteilungen der Probebestände

5.2.2 Höhenkurven

Die Bestandeshöhenkurve bei vorgegebenem Alter beschreibt den Zusammenhang Höhe zu Durchmesser. Sie ist demnach eine Zustands- und keine Entwicklungskurve (Altershöhenkurve). Zu ihrer Berechnung wurde die Ausgleichsfunktion nach PETERSON (1955)

$$h = 1,3 + \frac{1}{a + b/d^n}$$

h = Höhe
 b = Brusthöhendurchmesser
 n = PETERSON-Exponent

herangezogen. Mit ihr konnten die Kurvenverläufe aller Bestände am besten dargestellt werden. Der Exponent wurde für jeden Bestand durch Iteration bestimmt. Die statistischen Kennwerte der Regressionen zur Berechnung der Höhenkurven sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

Probestfläche	Anzahl der Messungen	Regressionskoeffizienten		Exponent	Bestimmtheitsmaß
		a	b	n	
01 Neureichenau	117	0,1665917	0,6701838	10,8	0,87
02 Nationalpark	83	0,0058272	3,2883550	1,4	0,93
03 Nationalpark	83	-0,0153493	3,4116800	1,3	0,92
04 Wunsiedel	113	0,1069765	2,4687060	1,5	0,89
05 Flossenbürg	73	0,4800794	1,0875260	2,7	0,84
06 Zwiesel	95	0,5360385	0,9843150	2,6	0,93

Tab. 9: Statistische Kennwerte der einzelnen Bestandeshöhenkurven

Auf den Verlauf der Kurve hat das Alter entscheidenden Einfluß (ASSMANN 1961). Mit zunehmendem Alter verlagern sich die Höhenkurven nach oben und nach rechts und verlaufen flacher, was durch die spezifische Entwicklung von Durchmesser- und Höhenzuwachs innerhalb der einzelnen sozialen Klassen bedingt ist (PRODAN 1965). Unter normalen Bedingungen verlaufen die Bestandeshöhenkurven von Jungbeständen steil, da in dieser Altersphase der Konkurrenzkampf um das Licht in vollem Gange ist. Als Folge davon wird das Höhenwachstum gegenüber dem Dickenwachstum betont, was zu starker sozialer Differenzierung und rascher Stammzahlreduktion führt. Dabei weisen Jungbestände auf guten Bonitäten steilere Kurvenverläufe auf als solche auf schlechteren Standorten. Die Charakteristika der Höhenkurven von Jungbeständen kommen in Abb.4 gut zum Ausdruck. Auffallend ist der besonders steile Verlauf der Höhenkurve des Bestandes 03 Nationalpark. Unter dem Druck des Altholzschirmes vernachlässigen die Bäume das Dickenwachstum und steigern in ihrem Kampf um das Licht das Höhenwachstum. Nicht so steil und in größeren Durchmesserbereichen bereits flacher werdend, präsen-

tiert sich die Kurve des ebenfalls unter Schirm stehenden Bestandes 04 Wunsiedel. Diese dürfte zum einen auf den schlechten Standort und zum anderen auf die starke Verlichtung des Schirmes in den letzten fünf Jahren zurückzuführen sein, wodurch vor allem die vorherrschenden Bäume ihr Dickenwachstum verstärkten.

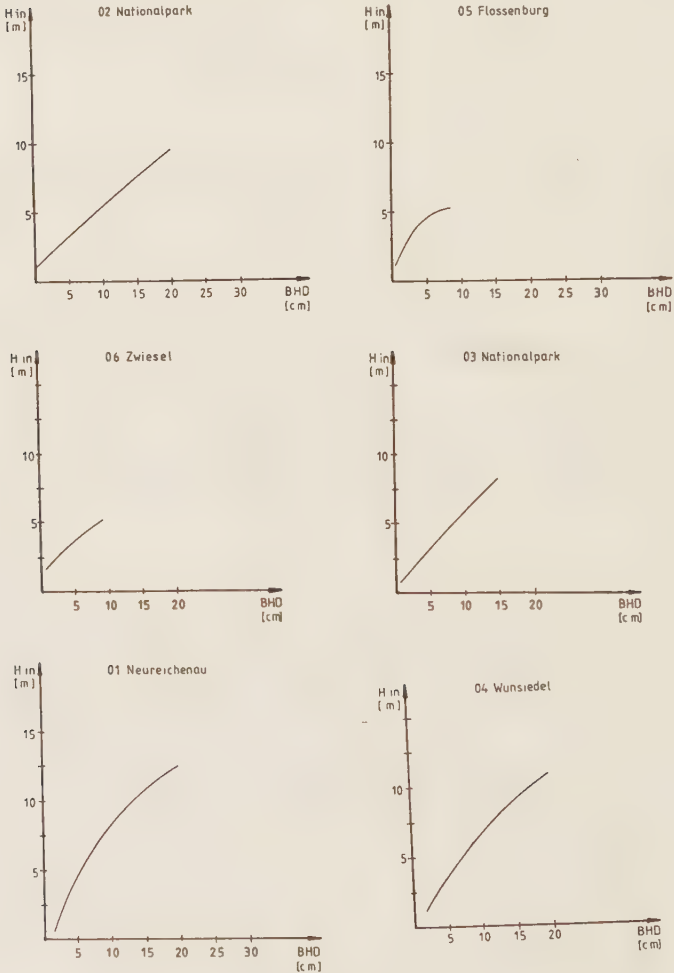


Abb. 4: Die Bestandeshöhenkurven der Probebestände

5.3. Schadenssituation

Einen Überblick über die Anzahl der aufgenommenen Bäume nach dem unter 3.1 beschriebenen Stichprobenverfahren vermittelt Tabelle 10.

Probefläche	ANZAHL DER ANGESPROCHENEN BÄUME			Insgesamt
	Vorherrschende	Mitherrschende	Unterdrückte	
Neuriedhenau	185	79	52	316
Nationalpark	172	69	96	337
Nationalpark	49	21	30	100
Wunsiedel	136	64	57	257
flossenbürg	195	89	71	355
Zwiesel	166	80	83	329

Tab. 10: Stichprobenumfang in den einzelnen Probekbeständen getrennt nach sozialen Klassen

Insgesamt wurden 1694 Fichten auf abiotische, biotische und neuartige Schäden hin untersucht.

Neben vereinzelten leichten Frostschäden traten v.a. in den beiden Hochlagenbeständen 02/03 Nationalpark Gipfelbrüche in größerem Umfang auf. Sonstige abiotische Schäden konnten nicht festgestellt werden.

Als biotische Schädlinge konnten in einigen Fällen die Große Fichtengallenlaus (*Sacchiphantes viridis*), die Rotfäule (*Fomes annosus*) sowie der Kupferstecher (*Ips typographus*) identifiziert werden. Ihr Ausmaß war allerdings vollkommen unerheblich. Gleiches gilt für die Pilze *Rhizosphaera kalkhoffii*, *Lophodermium piceae* und *L. pinastri*, die REHFUESS (1984) für die Nadelröte an Fichte verantwortlich machte. Stichprobenmaterial von 30 Bäumen mit auffälligen Nadelverfärbungen wurden am Lehrstuhl für Forstbotanik der Universität Münchens phytopathologisch untersucht. Herrn Dr. LANG sei dafür Dank gesagt. Ein nennenswerter Befall der Nadeln mit den oben erwähnten Pilzen konnte nicht nachgewiesen werden.

Nadelverfärbungen und -verluste, die nicht auf bekannte herkömmliche Ursachen zurückzuführen waren, wurden den "neuartigen" Waldschäden zugeordnet. Ausschließlich auf sie beziehen sich die nachfolgenden Ergebnisse.

5.3.1 Schadensumfang und Schadensverteilung

Der Schadensumfang im Aufnahmejahr 1984 geht aus Tab.11 hervor. Ebenso die Verteilung der Schäden auf die drei ausgeschiedenen Baumklassen.

PROBETLÄCHE	SK 0			SK 1			SK 2			SK 3			SK 4		
	V	M	U	V	M	U	V	M	U	V	M	U	V	M	U
01 Neureichenau	1	4	37	9	11	17	28	20	21	62	65	23	0	0	2
02 Nationalpark	51	59	70	23	17	12	17	19	12	9	5	6	0	0	0
03 Nationalpark	69	86	90	16	5	7	10	9	3	5	0	0	0	0	0
04 Wunsiedel	41	67	79	37	16	17	15	12	2	7	5	2	0	0	0
05 Flossenbürg	93	92	85	4	5	4	3	3	11	0	0	0	0	0	0
06 Ziesel	46	55	60	31	29	23	20	17	16	3	0	1	0	0	0

Tab.11: Waldschäden an Fichten-Jungbeständen (in %) stratifiziert nach sozialen Klassen (SK- Schadklasse, V- Vorherrschend, M- Mitherrschend, U- Unterdrückt)

Es fällt auf, daß sich der Bestand 01 Neureichenau im Schadensausmaß deutlich von allen anderen unterscheidet. Sein Zustand ist als äußerst kritisch zu bezeichnen. Nur noch 10% bzw 15% der vor- und mitherrschenden Individuen konnten den Schadensklassen 0 und 1 zugeordnet werden, so daß 85% dieser Bäume als krank bis absterbend gelten müssen. Mit 46% in den Schadensklassen 2,3 und 4 weisen die unterständigen Fichten die geringsten Schäden auf. Die 2% der Schadklasse 4 dürften als natürliche Abgänge sozialer Differenzierungsprozesse anzusehen sein.

Das Schadensniveau der übrigen Bestände liegt deutlich niedriger. Hier nehmen gesunde oder kränkelnde Bäume immer mehr als 70% der Baumzahl ein. Das Stratum der Vorherrschenden ist am stärksten betroffen. Während der Vitalitätsunterschied zur mitherrschenden Klasse nicht sehr ausgeprägt ist, stellen sich die Unterständigen in einer markant besseren Verfassung dar. Eine Ausnahme macht der am wenigsten geschädigte Bestand 05 Flossenbürg. 97% der vor- und mitherrschenden Fichten gehören den beiden

Schadklassen 0 und 1 an, während es bei den Unterständigen nur 89% sind.

(Im Herbst 1985 wurde vom Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung eine Wiederholungsaufnahme durchgeführt. Die Unterschiede zwischen den sozialen Klassen hatten sich soweit verwischt, daß sie als bedeutungslos zu bezeichnen sind (BURSCHEL et al. 1986)).

5.3.2 Der Einfluß der Überschirmung auf den Gesundheitszustand

Auf einem Flächenpaar konnte der Einfluß eines Altbestandsschirms auf den Gesundheitszustand der Jungbestände erfaßt werden. Die standörtliche Vergleichbarkeit war dadurch gegeben, daß die untersuchten Bestände - einmal ohne und das andere mal mit Schirm - unmittelbar aneinandergrenzten. Auch Alter und Mittelhöhen sind nahezu identisch. Die Ergebnisse der entsprechenden Aufnahme sind in Abb. 5 dargestellt. Danach hat der Schirm zu einer Verringerung der Schäden geführt.

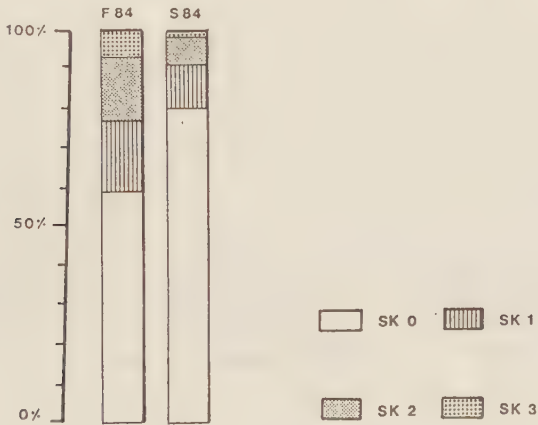


Abb.5: Schadsituation der standörtlich vergleichbaren Bestände 02 Nationalpark ohne und 03 Nationalpark mit Altholzschirm.

Der Einfluß des Altholzschirmes äußert sich zunächst einmal in einem deutlich höheren Anteil gesunder Bäume. Betrachtet man nun die Schadklassen 1, 2 und 3 etwas genauer, so fällt auf, daß unter Schirm nur sehr wenige kranke und sehr kranke Individuen vorkamen. Auch wenn Schäden nicht ganz verhindert werden und einiges darauf hindeutet, daß der Schadensverlauf nur verlangsamt wird, ist die positive Wirkung des Schirmes unbestreitbar, selbst wenn sie statistisch nicht absicherbar ist.

5.3.3 Der Einfluß des Schädigungsgrades auf die Höhenentwicklung

Die Entwicklung der Höhenzuwächse im Zeitraum 1980-1984 wurde für jeden untersuchten Bestand an einem großen Baumkollektiv durch Messung der entsprechenden Triebblängen am stehenden Baum ermittelt. Die Resultate werden in Abb. 6 und Abb. 7 am Beispiel zweier Bestände mit starker und geringer Schädigung dargestellt.

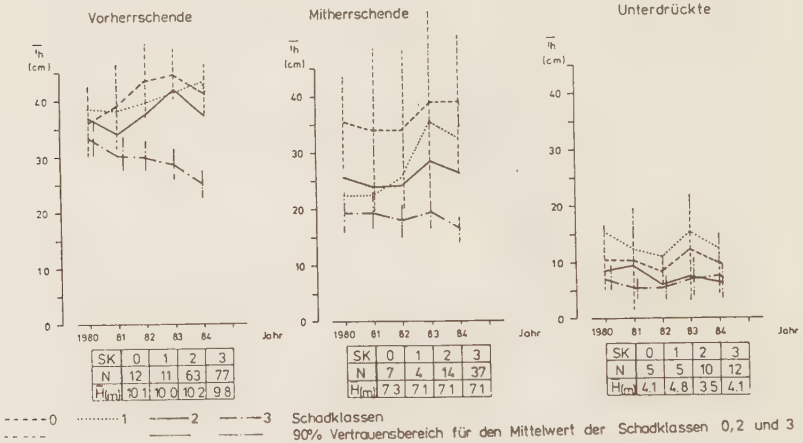


Abb.6: Die Höhenzuwächse unterschiedlich stark geschädigter, Fichten im Zeitraum 1980 bis 1984, Fläche 01 Neureichenau

Die Abb.6 stellt den extremsten Schädigungsfall dar, in dem der weitaus größte Teil der herrschenden Bäume bereits als sehr krank eingestuft werden mußte. Deren Höhenzuwächse werden kontinuierlich geringer und sind damit Ausdruck des bedeutenden Vitalitätsverlustes der zugehörigen Bäume. Die Individuen der Schadklassen 0, 1 und 2 halten ihren Höhenzuwachs auf einem sehr viel höheren Niveau, ohne daß bisher ein ausgeprägter Abwärtstrend erkennbar würde. Die Unterschiede zwischen den als stark krank eingestuften Bäumen und den gesunden, werden ab 1982 so stark, daß sie sich auf der Basis des 90%-Vertrauensbereiches statistisch trennen lassen (vgl. Abb. 6).

Die soziale Klasse "mitherrschend" unterscheidet sich nur insofern von

der "vorherrschenden", als das Niveau der Höhenzuwächse etwas tiefer liegt. Obwohl die Höhenzuwächse der unterdrückten Bäume nur zwischen 5 und 15 cm betragen, ist doch eine ziemlich deutliche Differenzierung nach Schadstufen erkennbar, indem die gesunden und kränkelnden Individuen Zuwächse aufweisen, die durchgehend über denen der kranken und sehr kranken liegen. Eine statistische Trennung zwischen den Bäumen der Schadklassen 0 und 3 ist für die Kollektive der sozialen Klassen "mitherrschend" und "unterdrückt" nicht möglich. Dies gilt analog auch für die mitherrschenden und unterdrückten Kollektive der übrigen Flächen.

Die Zuwachsverhältnisse in einem nur geringfügig geschädigten Bestand zeigt die Abb.7. Die Höhenzuwächse in den einzelnen Schadstufen unterscheiden sich nur wenig. (Die Verlaufskurve für den Höhenzuwachs der sehr kranken Bäume darf hier, obwohl sie deutlich unter dem Bereich der anderen Kurven liegt, nicht zum Vergleich herangezogen werden, da sie nur einen einzigen Baum repräsentiert). Eine statistische Trennung der Schadklassenkollektive ist für keine der sozialen Klassen möglich. Es muß daher der Schluß gezogen werden, daß Schäden, die an etwa 25% der Bäume aufgetreten waren, wobei der weitaus größte Teil der Stufe "kränkelnd" angehörte, keinen Einfluß auf die Höhenentwicklung des Bestandes hatten (die Höhenzuwächse der übrigen Bestände verhalten sich ähnlich).

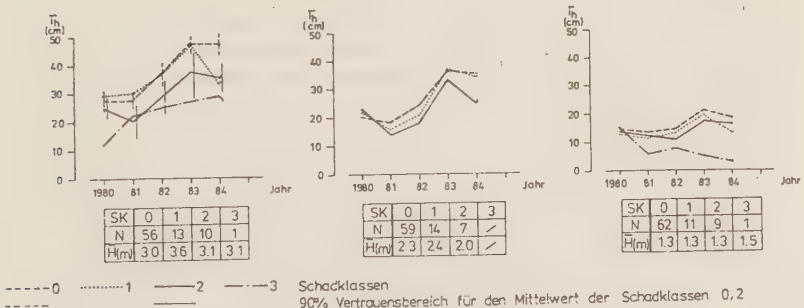


Abb.7: Höhenzuwächse unterschiedlich stark geschädigter Fichten
 im Zeitraum 1980 bis 1984, Fläche 06 Zwiesel

6. Methodik der Einzelbaumanalyse

6.1. Zweck der Einzelbaumanalyse

Zur Analyse des Wuchsverhaltens gesunder und kranker Bäume wurden 85 Einzelbäume entnommen. Untersuchungsschwerpunkte sind Kronenbiomasse, Nährelementgehalte der Nadeln und Zuwachsverhalten. Diese Erhebungen wurden nur an Fichten der sozialen Stellung "Vorherrschend" durchgeführt. Sie sind forstlich gesehen die wichtigsten Glieder von Verjüngungen und Jungbeständen, da sich aus ihnen i.d.R. der Endbestand rekrutiert.

6.2 Die Auswahl der Analysebäume

Im Zuge der Flächenaufnahme wurde auf den Extensiv-Aufnahmeeinheiten nur der jeweils "Vorherrschende" Baum angesprochen und dessen BHD, Höhe und Schadklasse erhoben, sowie auftretende biotische und abiotische Schäden vermerkt. Die Bäume wurden fortlaufend nummeriert und waren so mit Hilfe des Lageplanes schnell wiederzufinden. Als Teil des Gesamtkollektivs eines Probestandes bildeten sie die Grundlage für die Einzelbaumanalyse. Diese wurde im Anschluß an die Flächenaufnahmen durchgeführt. Von den Schadklassen 0,1,2,3 und 4 sollten je fünf Bäume pro Fläche entnommen werden. Die Auswahl dieser Bäume erfolgte nach folgendem Verfahren: Aus dem Gesamtkollektiv aller "Vorherrschenden" eines Bestandes wurde die Mittelhöhe und deren Standardabweichung berechnet. Entnommen wurden dann diejenigen Bäume, deren Höhe dieser Mittelhöhe am nächsten kam und innerhalb des Bereichs der Standardabweichung lag. Hiermit wurde eine zu große Höhenstreuung innerhalb der Probestämme vermieden. Die Vergleichbarkeit der Schadstufen ist so am ehesten gewährleistet.

Nach diesem Verfahren wurden 85 Bäume ausgewählt, die sich auf 6 Flächen und 5 Schadklassen verteilten. Daß nicht 150 Fichten entnommen wurden, wie es theoretisch möglich wäre ($6 \text{ Flächen} \times 5 \text{ Bäume} \times 5 \text{ Schadklassen} = 150$) liegt daran, daß auf keiner Fläche Bäume aller Schadklassen die die Auswahlkriterien erfüllten, in ausreichender Anzahl vertreten waren (Tab.12). Die Probestämme der Fläche 01 Neureichenau wurden im Winter 1985 entnommen, nachdem sich bei den ersten Auswertungen ergeben hatte, daß hier die Schäden am stärksten waren. Aus diesem Bestand wurden nur Bäume der Schadklassen 0, 3 und 4 entnommen und auf Kronenraum- und Kronenbiomassenanalysen verzichtet.

PROBFLÄCHE	ANZAHL ENTNOMMENER BAÜME					Entnahme-jahr	DURCHSCHNITT		DI FÄHRTFORSCHUNG	
	SK0	SK1	SK2	SK3	SK4		Stamm-analyse	Nadel-analyse	Biomassen-analyse	Kronen-analyse
01 Neureichenau	4	-	-	4	3	11	1985	ja	ja	nein
02 Nationalpark	5	5	4	5	-	19	1984	ja	ja	ja
03 Nationalpark	5	3	2	-	-	10	1984	ja	ja	ja
04 Münsiedel	5	3	3	5	-	16	1984	ja	ja	ja
05 Hossenbürg	5	5	1	-	-	11	1984	ja	ja	ja
06 Zwisel	5	5	5	3	-	18	1984	ja	ja	ja

Tab.12: Anzahl der untersuchten Bäume pro Probefläche getrennt nach Schadklassen

Alle anderen Bäume wurden im Oktober/November des Jahres 1984 entnommen. Ihr Wachstum war also abgeschlossen und der jeweilige Nährelementgehalt der Nadeln dürfte nicht mehr stark fluktuiert haben.

6.3. Die Kronenanalyse

Nach dem Aufsuchen des Probebaumes im Bestand mit Hilfe des Lageplanes und dem Markieren der Nordrichtung am Stamm, wurde dieser durch einen bodenebenen Schnitt gefällt. Zur Erfassung der Struktur des Kronenraumes wurde am liegenden Baum als erstes dessen Länge und Kronenansatzhöhe erhoben. Zur Darstellung der Höhenentwicklung wurden die jährlichen Triebblängen soweit wie möglich zurückgemessen. Alle Äste von der Triebspitze bis zur Kronenansatzhöhe wurden fortlaufend nummeriert und zwar beginnend bei der Nordmarkierung am 1. Quirl im Uhrzeigersinn fortschreitend. Der Herleitung der Kronenmantelfläche diente die Längenmessung aller Äste. Dazu wurde ihre Quirlnummer notiert, so daß mit Hilfe der Höhentriebrückmessung auch die Ansatzhöhe der Äste bekannt war. Abschließend wurde von allen Ästen jeder Trieb der Asthauptachse in 10%-Stufen auf seine Benadelung hin geschätzt (Abb.8). Das ist ein zeitaufwendiges Verfahren, das jedoch wesentlich genauer sein dürfte als die üblichen Gesamtschätzungen des Benadelungsprozentes.

Knospenschuppen und andere Nadelstellung kennzeichnen die Triebgrenze, Blattkissen das Fehlen von Nadeln

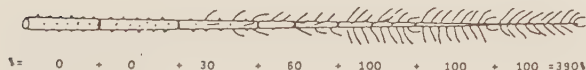


Abb.8: Jahrgangsweises Anschätzen des Benadelungsprozentes eines Astes

6.4. Die Stammanalyse

6.4.1 Die Entnahme von Baumscheiben

Da es sich um relativ niedrige Bäume handelte - der höchste Probebaum mißt 11,45m - wurden 5 Stammscheiben als ausreichend angesehen. Sie wurden in den absoluten Baumhöhen 0,05; 0,5 und 1,3m, sowie in den relativen Baumhöhen 0,50 und 0,75 entnommen.

6.4.2 Die Auswertung der Stammscheiben

Die beschrifteten Stammscheiben wurden kurz trocken gelagert und anschließend mit einem Bandschleifgerät für die weitere Auswertung vorbereitet. Die Jahrringanalysen konnten dank der freundlichen Unterstützung des Lehrstuhles für Waldwachstumskunde an einem Digitalpositionimeter nach JOHANN durchgeführt werden. Alle Stammscheiben wurden in den 4 Haupthimmelsrichtungen jahrringweise von der Rinde bis zum Mark vermessen. Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem EDV-Programmpaket "Stammanalyse" (s.6.7).

6.5. Die Kronenbiomassenanalyse

Die Biomasse eines Baumes wird üblicherweise unterteilt in:

- Wurzelbiomasse
- Schaftbiomasse
- Kronenbiomasse

Auf die Erhebung von Wurzel- und Schaftbiomasse wurde im Rahmen dieser Untersuchung verzichtet. Gründe hierfür waren die komplizierte Methodik, der enorme Arbeitsaufwand und die damit verbundenen hohen Kosten. Das Hauptinteresse der Arbeit gilt der Kronenbiomasse, die sich weiter aufgliedern läßt in Nadel- und Astbiomasse. Der Assimilationsapparat und dessen Träger sind, zusammen mit der Wurzel, entscheidend für die Produktion des Baumes.

6.5.1 Die Astbiomasse

Die gesamte Astbiomasse einer Fichte läßt sich in 3 Komponenten unterteilen (Abb.9):

1. Die Totastbiomasse
2. Die Nodienastbiomasse
3. Die Internodienastbiomasse.

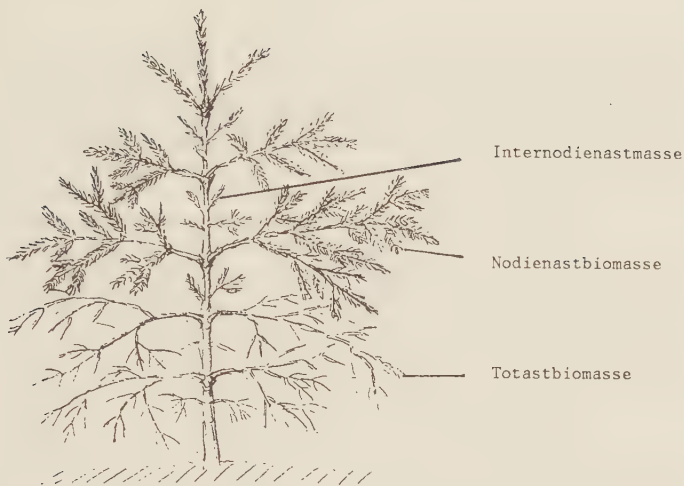


Abb.9: Die verschiedenen Komponenten der Astbiomasse

1. Die Totastbiomasse

Darunter wird die Biomasse jener Totäste verstanden, die im Bereich zwischen Stammfuß und Kronenansatzhöhe zu finden sind (nahezu 100% aller Totäste bei Bäumen dieser Größe). Da die Kronenansatzhöhe junger Bäume noch relativ gering ist, konnte das gesamte Astmaterial dieser Art entnommen werden.

2. Die Nodienastbiomasse

Als Nodienastbiomasse wird die Biomasse aller Äste bezeichnet, die direkt an den Quirlen sitzen. Je nach Alter wiesen die zu untersuchenden Einzelbäume zwischen 40 und 80 solcher Äste auf. Von allen Ästen dieser Art wurde die Länge gemessen und jeder 4. Ast zur Bestimmung der Biomasse entnommen. Mit Hilfe der Regressionsanalyse wurde für die Stichprobenäste eine Beziehung zwischen Astgewicht und Astlänge hergeleitet und auf die Gesamtastmasse hochgerechnet.

3. Die Internodienastmasse

Hiermit wird die Biomasse all jener Äste bezeichnet, die zwischen 2 Quirlen zu finden sind. Das anfallende Material ist i.d.R. nicht sehr umfangreich, so daß es vollständig geerntet werden konnte.

6.5.2 Die Nadelbiomasse

Zur Bestimmung der Nadelbiomasse eines Baumes wurden dessen Probeäste getrocknet und gewogen. Anschließend wurden sie entnadeln. Die verbleibende, reine Astmasse wurde nochmals getrocknet und gewogen (s.3.5.2). Die Nadelbiomasse ergibt sich dann als rechnerische Differenz zwischen der benadelten und der entnadelten Astbiomasse. Diese indirekte Bestimmung der Nadelbiomasse hat den Vorteil, daß geringe beim Entnadeln der Äste auftretende Nadelverluste keine Rolle spielen. Die Gesamtnadelmasse jedes Baumes kann nun, analog seiner Astmasse, regressionsanalytisch hergeleitet werden.

6.5.3 Das Hundertnadelgewicht

Für die Nadeln jedes Probeastes wurde deren mittleres Hundertnadelgewicht ermittelt. Dazu wurden 300 Nadeln pro Ast ausgezählt und gewogen.

6.5.4 Das Trocknen des Probematerials

Das in normierten und vorbeschrifteten Tüten verpackte Probematerial wurde drei Tage lang bis zur Gewichtskonstanz in Trockenschränken gelagert.

6.5.5 Das Wiegen des Probematerials

Das Trockengewicht der Äste und deren Nadeln wurde mit einer SARTORIUS-Digitalwaage auf 0,1 Gramm genau bestimmt. Das Hundertnadelgewicht wurde mit einer SARTORIUS-Analysewaage auf 0,001 Gramm genau gemessen. Um eine Wasseraufnahme aus der umgebenden Luft und damit eine Gewichtszunahme zu vermeiden, wurde immer nur ein kleiner Teil des Probematerials den Trockenschränken entnommen und sofort gewogen. Die gemessenen Trockengewichte wurden auf Formblätter übertragen.

6.6. Die Nadelanalyse

Die Blatt- und Nadelanalytik zur Ermittlung der Nährelementversorgung ist in der Forstwissenschaft seit langem bekannt. Grundlegende methodische Forschung hierzu betrieben STREBEL (1960), REENTSMA (1964), WEHRMANN (1959) und HUNGER (1972).

Die klassischen Rauchschäden konnten bereits 1883 nadelanalytisch als SO Immissionen nachgewiesen werden (WENTZEL 1982). Mit dem Auftreten

der neuartigen Waldschäden gewann die Nadelanalytik als "Instrument der Bioindikation" (EVERS 1986) zunehmend an Bedeutung. So umfasst die immissionsökologische Waldzustandserfassung nach KNABE (1981) neben der Flechtenkartierung und der Nadelverlustschätzung auch die Nadelanalytik.

6.6.1 Die Gewinnung des Nadelmaterials

Bei der Probenahme wurde im Anhalt an die von KNABE (1984) vorgeschlagene Methode vorgegangen. Von allen Äste des 7. Quirls wurde Nadelmaterial getrennt für die letzten beiden Jahre entnommen. Gleiche Nadeljahrgänge aller Zweige eines jeden Probebaumes wurden zu einer Nadelprobe zusammengefaßt und in vorbeschriftete Tüten verpackt.

6.6.2 Die Aufbereitung des Nadelmaterials

Die Proben wurden 3 Tage bei 65 ° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Dann sind die Nadeln von den Trieben getrennt und nochmals getrocknet worden, damit das Hundertnadelgewicht gemessen werden konnte. Schließlich wurden die Nadeln in einer Stahlmühle gemahlen und in Glasflaschen gefüllt zur Analyse gebracht.

6.6.3 Die nadelanalytischen Messungen im Labor

Für die Untersuchung wurden folgende Elemente analysiert: Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Chlor (Cl), Schwefel (S), Mangan (Mn), Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Zink (Zn), Aluminium (Al).

Folgende Analyseverfahren wurden für die Gehaltsbestimmungen angewendet:

Stickstoffbestimmung: Methode Kjeldahl

Kupferbestimmung: Salpetersäure (HNO₃)/Flußsäure-Druckaufschluß (Bergerhoff-Autoklav mit Teflonbecher). Messung am Atom-Absorptionsspektrometer (AAS).

Chlor-Bestimmung: Wässriger Auszug. Messung mit High-Pressure-Ionen-Chromatograph (HP-JC)

Schwefelbestimmung: HNO₃/HF-Druckaufschluß Messung mit dem Atom-emissionsspektrometer mit Plasmaanregung (ICP-AES) im UV-Bereich (182 nm).

übrige Element-Bestimmung: HNO_3/HF -Druckaufschluß Messung mit Atom-emissionsspektrometer mit Plasmaanregung (ICP-AES).

Die Analysen wurden an der Landesanstalt für Wasserforschung des Bayer. Umweltministeriums durchgeführt.

6.7 Datenaufbereitung und EDV-Programme

6.7.1 Datenaufbereitung

Alle erhobenen Daten sind auf Formblätter erfasst und zur weiteren Verarbeitung auf elektronischen Datenträgern gespeichert worden.

6.7.2 Programmkatalog

Für die speziellen forstlichen Auswertungen der Stammanalysen konnten, dank der freundlichen Unterstützung des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde deren Programmpaket STAMMANALYSE sowie das Programm TREND herangezogen werden. Die Programme BIOMASSE und KRONE sind eigens für die Einzelbaumuntersuchung erstellte Neuentwicklungen, sie sind im Anhang wiedergegeben. Die mathematisch-statistische Auswertung des Datenmaterials erfolgte mit Hilfe der EDV-Programme der BMDP-81 Programmbibliothek der Universität von Kalifornien. Die nachfolgende Zusammenstellung gibt einen Überblick über die benutzten EDV-Programme:

1) BMDP-81 Programme

- BMDP1D: Einfache Datenbeschreibung
- BMDP7D: Analyse gruppierter Daten
- BMDP1R: Multiple lineare Regression
- BMDP2R: Schrittweise Regression
- BMDP5R: Polynomiale Regression
- BMDP1V: Einfaktorielle Varianz- und Kovarianzanalyse
- BMDP3S: Nichtparametrische Tests
- BMDP4M: Diskriminanzanalyse

2) Standardprogramme des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde

- Programmpaket STAMMANALYSE (KAWABATA und SHIIBAYASHI, 1977,
E.KENNEL, 1978, H.FLURL, 1980).

3) Eigene Programme

- BIOMASSE (W.HUBER, 1985)
- KRONE (W.HUBER, 1985)

6.7.3 Beschreibung der EDV-Programme

Im folgenden werden die im Rahmen der Einzelbaumuntersuchungen verwendeten EDV-Programme kurz erläutert. Die Beschreibungen der BMDP-Programme sind dem von DIXON (1981) herausgegebenen Handbuch BMDP-81 aus der Reihe Biomedical Computer Programs zu entnehmen.

1) EDV-Programmpaket STAMMANALYSE

Das Paket umfaßt die Programme SYNC, JAP1, JAPO und JAPAN, die zur Vorbereitung, Überprüfung, Auswertung und Ergebnisdarstellung von Stammanalysedaten dienen.

Mit Hilfe des Programmes SYNC werden die Zuwachsmessreihen eines Baumes, die für unterschiedliche Baumhöhen und Himmelsrichtungen vorliegen, einander gegenübergestellt und synchronisiert. Hierdurch wird eine sichere Diagnostik und Überprüfung von Wuchsanomalien, wie z.B. fehlenden Jahrringen, gewährleistet. JAP1 und JAPO sind Vorlaufprogramme für das Stammanalysenprogramm JAPAN. Sie übernehmen die Plausibilitätsprüfung und Umgruppierung von Stammscheibendaten, damit diese vom Programm JAPAN verarbeitet werden können.

Vom Programm JAPAN werden für Brusthöhendurchmesser, Grundfläche, Höhe und Volumen jedes Baumes folgende Größen errechnet: Gesamtwuchsleistung (TOTAL), durchschnittlicher Zuwachs (MEAN), laufender Zuwachs (ANNUAL) und Zuwachsprozent (RATE). Formzahlen für d1.3 und d0.9, der h/d-Wert und die Formhöhe werden in ihrer Entwicklung über dem Alter und der Baumhöhe hergeleitet. Die Ergebnisse werden in einer Liste ausgedruckt und in Form von Wuchsdiagrammen gezeichnet (vgl. Abb.11). Die Kubierung des Schaftkörpers erfolgt für den unteren und mittleren Stammteil über Paraboloidstümpfe und für den Gipfel über einen Kegelspitz. Die jährliche Höhenentwicklung der Probestämme wird vom Programm JAPAN aus dem jährlichen Durchmesserzuwachs und den Altersintervallen zwischen den Stammscheiben errechnet. Der Verlauf der ausgegebenen Höhenentwicklung basiert also nicht auf exakten Rückmessungen der Jahrestriebzuwächse. Die jährliche Höhenentwicklung wurde deshalb für die eigenen Zwecke durch genaue Rückmessungen der Jahrestriebzuwächse hergeleitet.

3) EDV-Programm BIOMASSE

Für die Standardauswertung der Kronenbiomassedaten eines Probestammes wurde das Programm BIOMASSE entwickelt. Eingangsgrößen sind die Grunddaten Baumlänge, Brusthöhendurchmesser und Länge eines jeden Astes. Weiter werden Asttrockengewicht, Nadelrockengewicht und 100-Nadelgewicht eines jeden Stichprobenastes eingegeben. Das Programm berechnet für den Gesamtbaum charakteristische Biomassen-

größen, wie Gesamtzahl und Gesamtlänge der Äste, Gesamttrockengewicht, Totasttrockengewicht, Gesamtnadelrockengewicht, durchschnittliches Hundertnadelgewicht und Gesamtnadelzahl.

4) EDV-Programm KRONE

Das Programm KRONE wurde zur Charakterisierung der Kronenraumverhältnisse der Probestämme entworfen. Eingangsgrößen sind Baumlänge, Brusthöhendurchmesser, Kronenansatzhöhe, Astlänge und Astansatzhöhe. Hieraus werden folgende Größen berechnet:

- Kronenkennwerte nach ASSMANN (1961)
- Kronenmantelfläche

1) Berechnung der Kronenkennwerte nach ASSMANN

- Bekronungsgrad : Kronenlänge zu Baumhöhe
- Lichtkronenanteil : Lichtkronenlänge zu Gesamtkronenlänge
- Plumpeitsgrad : Kronenbreite zu Kronenlänge
- Spreitungsgrad : Kronenbreite zu Baumhöhe
- Schirmflächenquotient: Quadrierte Kronenbreite zu quadriertem Brusthöhendurchmesser

2) Berechnung der Kronenmantelfläche

Für die Berechnung der Kronenmantelflächen wird der Kronenraum als Rotationskörper um die Stammachse aufgefaßt. Durch die Quirle wird dieser in mehrere Sektionen unterteilt, die als Kegelspitzen und Kegelspitzen berechnet werden können (Abb.10).

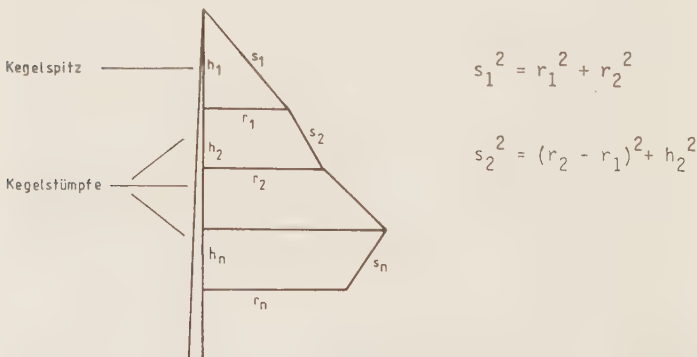


Abb.10: Berechnung von Kronenmantelfläche

Mantelfläche eines Kegelspitzen :	$M_1 = r_1 \times s_1 \times \pi$
Mantelfläche eines Kegelspitzen :	$M_2 = (r_2 + r_1) \times s_2 \times \pi$
Kronenmantelfläche eines Baumes :	$KMF = M_1 + M_2 + \dots + M_n$

Die Sektionslängen $h_1, h_2, \dots, h_n$ ergeben sich aus der Triebblängenrückmessung, die mittleren Radien $r_1, r_2, \dots, r_n$ aus der Summe aller Astlängen eines Quirls dividiert durch die Anzahl der Äste dieses Quirls. Kronenmantelfläche und Kronenvolumen eines Baumes ergeben sich durch Aufsummierung der Teilergebnisse.

Bei der Berechnung der Flächen und Volumina wurde ein Astansatzwinkel von 90° zur Stammachse zugrunde gelegt. Stichprobenmessungen ergaben tatsächliche Ansatzwinkel zwischen 80° und 90° , so daß die wirklichen Kronenmantelflächen geringfügig niedrigere Werte aufweisen als die berechneten.

7. Ergebnisse der Einzelbaumanalyse

7.1 Ergebnisse der Stammanalyse

Die Stammanalyse gewährt Einblick in die Wachstumsgänge unserer Probebäume. Das Programmpaket STAMMANALYSE berechnet für Brusthöhendurchmesser, Grundfläche, Höhe und Volumen den laufenden Zuwachs, den durchschnittlichen Gesamtzuwachs, die Gesamtwuchsleistung und das Zuwachsprozent und stellt diese graphisch dar. In zahlreichen Untersuchungen konnten vor allem an stark geschädigten Altfichten Zuwachsrückgänge nachgewiesen werden (ATHARI und KRAMER, 1983, ATHARI 1983, SCHWEINGRUBER et al 1983, KENK 1983, FRANZ 1983, SCHÖPFER 1986, NAGEL et al. 1985, KRAMER 1986). RÖHLE (1986) stellte bei seinen Forschungsarbeiten im Bayerischen Wald an stark erkrankten, älteren Fichten eine auffällige Zuwachsverlagerung vom Stammfuß in den mittleren und oberen Kronenbereich fest. Diese Ergebnisse konnten von MITTERREITER (1985) und BLOCH (1985) an Jungfichten nicht nachgewiesen werden. Das Hauptinteresse der eigenen Arbeit gilt daher der Frage: Zeigen junge Bäume, die bereits deutliche Waldschadenssymptome (Gelbfärbung, Nadelverlust) aufweisen, ebenso Zuwachseinbußen, wie sie für ältere Fichten bereits gefunden wurden? Wenn ja, seit wann sind diese Trendveränderungen feststellbar? Bei jungen Bäumen vermutet man als Ausdruck verminderter Vitalität in erster Linie eine Reduzierung des Höhenwachstums (KENNEL 1984). Um dieses möglichst genau zu erfassen wurde an allen Fichten eine exakte Rückmessung der Höhentrieblängen vorgenommen. Die Darstellung der Höhenentwicklung ist daher Ausdruck des laufenden Zuwachses. Daneben ist vor allem die Entwicklung des Volumenzuwachses ein umfassender Weiser, da in ihn sowohl Grundflächen- als auch Höhenentwicklung eingehen. Die Kulmination der einzelnen Wachstumsparameter verläuft in der zeitlichen Abfolge: Höhe, Durchmesser, Grundfläche und Volumen, die der verschiedenen Zuwachsgrößen in der Reihenfolge: lfd. Zuwachs und durchschnittlicher Zuwachs. Die Gesamtwuchsleistung steigt mehr oder weniger stetig bis zum Tod des Baumes an.

Der Zeitpunkt der Kulmination der Zuwachsgrößen ist baumartenspezifisch und daneben vor allem vom Standort bestimmt. So kulminieren die Zuwächse von Hochlagenfichten deutlich später als die von Tieflagenfichten, was im übrigen auch beim Vergleich geringerer mit besseren Ertragsklassen gilt.

Es sei darauf hingewiesen, daß die Ordinatenmaßstäbe der einzelnen Zuwachsgrößen in den nachfolgenden Abbildungen nicht immer übereinstimmen, was aber für die Beurteilung der einzelnen Wachstumsgänge keine Rolle spielt.

Die in den graphischen Abbildungen angewandten Ausdrücke werden an dieser Stelle erklärt:

Wachstumsparameter:	Height	:	Höhe
	DBH	:	Brusthöhendurchmesser
	Basal Area:		Grundfläche
	Volume	:	Volumen
Zuwachsgrößen:	Total	:	Gesamtwuchsleistung (GWL)
	Annual	:	1fd jährlicher Zuwachs (l.Z.)
	Mean	:	durchschnittl. Gesamtzuwachs (dGZ)
	Rate	:	Zuwachsprozent (ZP)

Die oben angeführten Erläuterungen der Wachstumsparameter und Zuwachsgrößen gelten für alle nachfolgenden Darstellungen und werden daher nicht mehr wiederholt. Im Textteil zu den Abbildungen werden die in Klammern stehenden Abkürzungen verwendet.

Im nachfolgenden Ergebnisteil werden für jede Probefläche die charakteristischen Wachstumsverläufe eines gesunden und eines stark erkrankten Baumes gegenübergestellt. Anschließend werden die mittlere Höhenentwicklung sowie die mittlere Volumenentwicklung der Schadklassenkollektive miteinander verglichen. Damit soll überprüft werden, ob etwaige Zuwachsunterschiede zwischen gesunden und kranken Einzelbäumen auf unterschiedlichen Wuchsbedingungen oder auf veränderten, vom normalen Alterstrend abweichenden Zuwachsverhalten beruhen.

7.1.1 Die Zuwachsverläufe auf der Fläche 01 Neureichenau

Der 30jährige Bestand wurde durch Pflanzung auf einer ehemaligen landwirtschaftlichen Nutzfläche begründet. Die Schadklassenansprache ergab folgendes besorgnisserregendes Bild:

SK 0: 8%; SK 1: 11%; SK 2: 24%; SK 3: 56%; SK 4: 1%.

Die kranken Bäume sind gekennzeichnet durch starke Nadelverluste, intensive Nadelvergilbungen, hohe Kronenansätze und dichten Flechtenbesatz, der im Zusammenhang mit den Waldschäden besonders häufig zu beobachten ist (JOHN 1986) und eine Folge der durch Kronenverlichtung verbesserten Lichtbedingungen für die Flechten sein dürfte.

Die Mittelhöhe aller vorherrschenden Bäume des Bestandes beträgt 9,73m bei einer Standardabweichung von 1,18m. Der dadurch vorgegebene Höhenrahmen der Probebäume (s.6.2) beträgt 8,55m bis 10,91m. Ausnahme hier-

von bilden die beiden Bäume Nr. 495 und Nr. 498, mit einer Höhe von 1145cm bzw. 700cm; sie sind deshalb entnommen worden, da sonst nicht genügend gesunde Bäume zur Verfügung gestanden hätten. Die aufgrund des auffälligen Schadbildes zu erwartenden Zuwachsunterschiede zwischen gesunden und kranken Bäumen werden durch die Stammanalysen eindrucksvoll bestätigt. Beispielhaft hierzu die Höhen-, Brusthöhen-, Durchmesser-, Grundflächen- und Volumenzuwächse je eines Baumes der Schadklassen 0 (Nr.495) und 4 (Nr.373), deren Kurzcharakterisierung aus Tabelle 13 zu entnehmen ist.

FI	BNR	SK	BHD mm	HÖHE cm	KAH cm	Alter a
01	160	0	127	1024	270	25
01	304	0	97	1042	332	30
01	495	0	127	1145	270	25
01	498	0	83	700	132	26
01	320	3	102	980	620	32
01	330	3	110	950	490	25
01	349	3	103	932	626	26
01	355	3	91	910	720	25
01	373	4	108	940	-	26
01	496	4	99	920	-	25
01	497	4	87	890	-	27

Tab.13: Ertragskundliche Kenngrößen der Probestämme der Fläche Neureichenau

Wie aus Abbildung 11 deutlich wird, hält der gesunde Baum ein lfd. Höhenzuwachsniveau von 45-50cm über den gesamten Zeitraum. Zuwachseinbrüchen wie in den Jahren 1973 und 1981 folgen ebenso deutliche Erholungsphasen. Auch das Trockenjahr 1976 hinterläßt kaum Spuren. Im krassen Gegensatz dazu steht der im Jahr 1985 abgestorbene Baum. Ein im Jahre 1974 eingetretener Zuwachseinbruch wird in den darauf folgenden Jahren nicht mehr korrigiert. Vielmehr verharret der Baum mehrere Jahre auf diesem neuen, niedrigeren Niveau, um dann einen weiteren starken Zuwachseinbruch nach der Trockenperiode 1976 zu erleben. 1985 schließlich stirbt er ganz ab.

Die laufenden BHD- und Grundflächenzuwächse der beiden Probestämme verhalten sich analog den geschilderten Höhenzuwachsverläufen. Dementsprechend nimmt der dGZ des gesunden Baumes kontinuierlich zu. Seine GWL ist der Altersphase entsprechend steil ansteigend. Der dGZ des toten Baumes hingegen war seit mehreren Jahren deutlich rückläufig, d.h. er hatte seinen Kulminationspunkt sowohl für den BHD- als auch für den Grundflächenzuwachs bereits überschritten. Die GWL stagniert seit mehreren Jahren, was zu einem sigmoiden Kurvenverlauf führt, wie er für sehr alte Bäume typisch ist. Die Unterschiede der Volumenzuwachsver-

läufe sind ebenso kraß wie die der Höhe, des BHD und der Grundfläche.

Baum Nr. 495 zeigt über die gesamte Periode hin eine Zunahme des laufenden Volumenzuwachses. Baum Nr. 373 verhält sich die ersten 7 Jahre wie Baum Nr. 495. Dann legt er jedoch gewaltig im Zuwachs zu. Innerhalb von 4 Jahren erreicht er ein Zuwachsniveau von 5 dm, wofür der gesunde Baum 14 Jahre braucht. Auf den deutlichen Zuwachseinbruch 1971 folgt zunächst eine 3jährige Erholungsphase. Ab 1974 jedoch sinkt der Zuwachs rapide ab. Auch ein letztes Aufbäumen 1979 bringt keine Wende. Der Baum stirbt 1985. Die dargestellten Zuwachsverläufe von Baum Nr. 495 sind ebenso charakteristisch für alle analysierten Bäume der Schadstufe 0, wie die von Baum Nr. 373 für die Schadstufen 3 und 4. Bäume der Schadklasse 1 und 2 wurden nicht untersucht. In Abb.12 sind die mittleren Höhenzuwächse aller Fichten der Schadklasse 0, 3 und 4 aufgetragen. Die Mittelwerte der ertragskundlichen Kenngrößen in Tabelle 14 zeigen, daß die Schadklassenkollektive bezüglich Brusthöhendurchmesser, Höhe und Alter gut miteinander vergleichbar sind. Die zugehörigen Variationskoeffizienten machen deutlich, daß die Einzelwerte nur geringfügig um den jeweiligen Mittelwert streuen. Ebenso kommt zum Ausdruck, daß sowohl die Höhe als auch der Brusthöhendurchmesser mit zunehmendem Schadgrad abnimmt. Auffällige Unterschiede sind in der Kronenansatzhöhe festzustellen: die Bäume der der Schadklasse 3 weisen im Mittel um 3,5m kürzere Kronen als die der Schadklasse 0 auf.

Probefläche	SK	BHD (mm)	VK	HÖH (m)	VK	KAH (m)	VK	Alter (A)	VK	Zahl der Messungen
01 Neureichenau	0	109	0,20	9,78	0,19	2,51	0,34	26,5	0,09	4
	3	102	0,08	9,44	0,03	6,14	0,15	27,0	0,12	4
	4	98	0,11	9,17	0,03	-	-	26,0	0,04	3

Tabelle 14: Schadklassenmittelwerte der ertragskundlichen Kenngrößen
(SK = Schadklasse, VK = Variationskoeffizient)

Ausgehend vom relativ hohen Zuwachsniveau 1971 verläuft die Höhenentwicklung in den unterschiedlichen Schadklassen bis zum Jahr 1978 mehr oder minder gleichsinnig. Die Trockenperiode 1976 führte im Folgejahr zu einem leichten Zuwachsrückgang, (dies ist nach ASSMANN (1961) damit zu erklären, daß für das Triebängenwachstum eines Jahres die Witterungsverhältnisse des vorhergegangenen Jahres entscheidend sind), von dem sich im Jahr darauf aber alle Schadklassen erholt zeigen. Ab 1979 beginnt eine deutliche Differenzierung nach Schadklassen. Während sich die Zuwächse der Schadklasse 0 bis 1985 auf gleichbleibend hohem Niveau bewegen, ist der Zuwachs der Schadklassen 3 und 4 stark rückläufig (vgl. Abb.12). Zum Zeitpunkt der Untersuchung leisten die gesunden Bäume einen mittleren Höhenzuwachs von 45cm, die stark erkrankten hingegen nur noch 15cm.

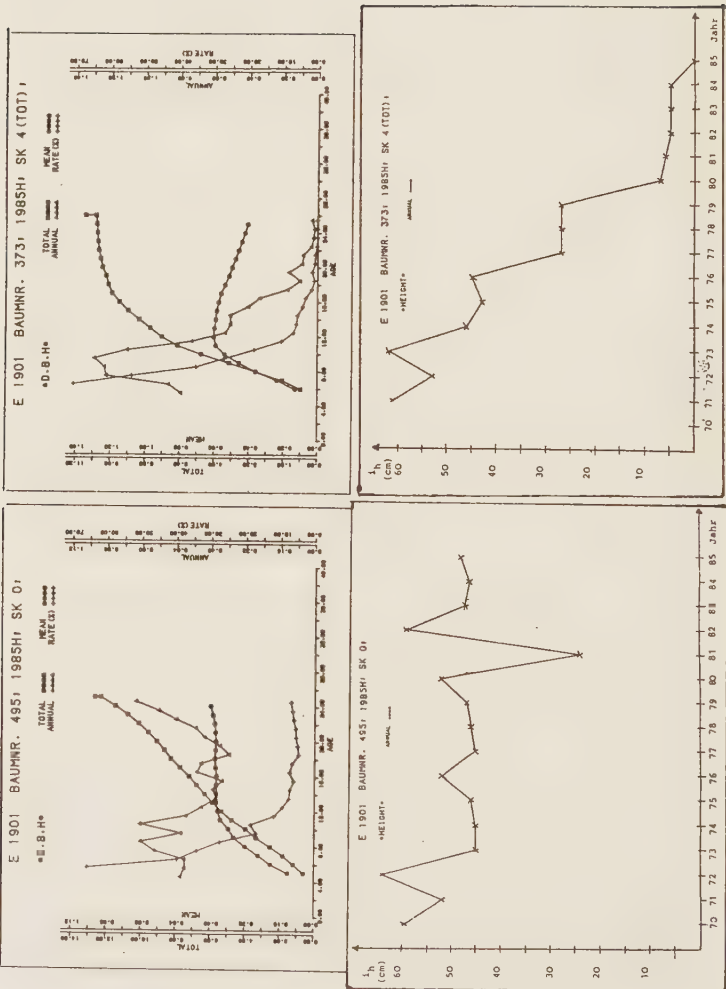


Abb.11a: Wachstums- und Zuwachskurven der Probebäume Nr. 373 (Schad-
klasse 4) und 495 (Schadklasse 0) - Fläche 01 Neureichenau
- Höhen- und Durchmesserzuwachs -

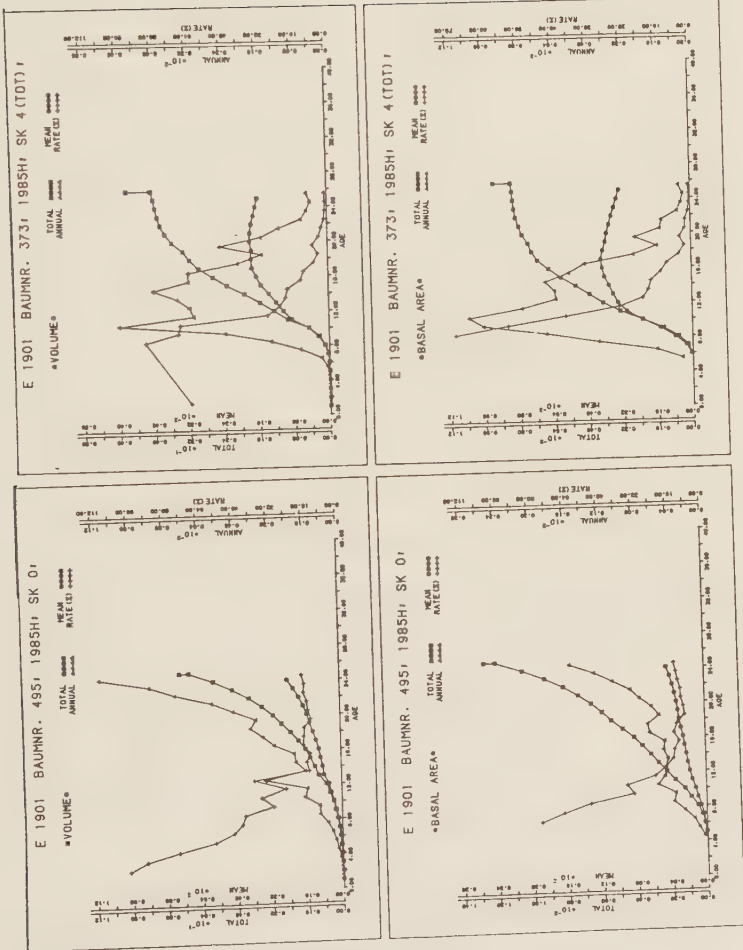


Abb.11b: Wachstums- und Zuwachskurven der Prohebäume Nr. 373 (Schadklasse 4) und 495 (Schadklasse 0) - Fläche 01 Neureichenau - Volumen- und Grundflächenzuwachs-

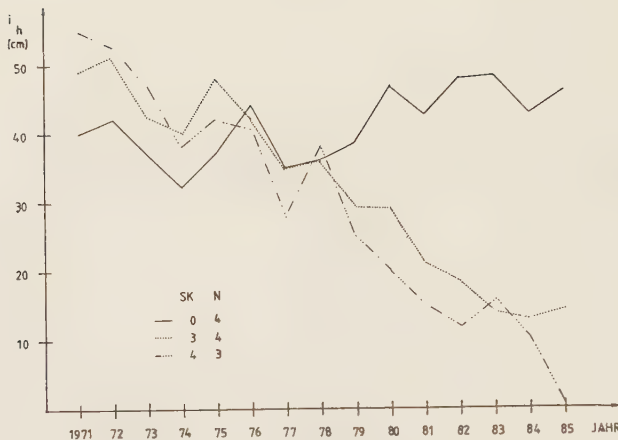


Abb.12: Mittlere Höhenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 01 Neureichenau
SK: Schadklasse; N: Stichprobenumfang;

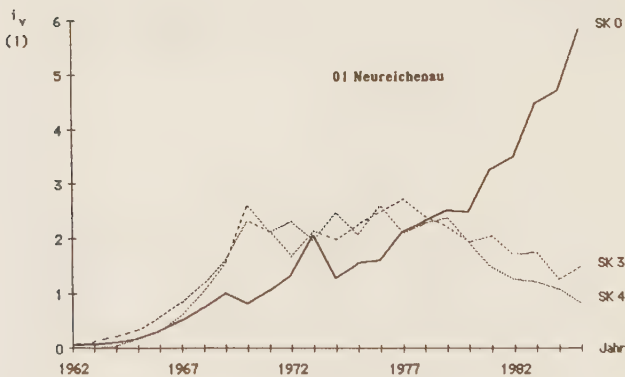


Abb.13: Mittlere Volumenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten der Probefläche 01, Neureichenau

In ähnlicher Weise scheren die lfd. Volumenzuwächse der einzelnen Schadklassen auseinander (Abb.13). Die Volumenzuwächse der Probebäume der Schadklasse 0 steigen bis zum Zeitpunkt der Untersuchung kontinuierlich an, und erleiden lediglich 1973 einen leichten Einbruch, von dem sie sich aber bereits im Folgejahr wieder erholt zeigen. Zu

Beginn der Analysen verhalten sich die Fichten der Schadklassen 3 und 4 ähnlich denen der Schadklassen 0 und weisen über einen Zeitraum von 9 Jahren ansteigende Tendenz auf. Ab 1970 folgt jedoch eine 9-jährige Periode in der der Volumenzuwachs der Probestämme der Schadklassen 3 und 4 um ein Niveau von ca. zwei Liter pro Jahr pendelt und keinen aufsteigenden Trend erkennen läßt. Seit 1979 macht sich eine stark rückläufige Volumenentwicklung bemerkbar, die bis zum Untersuchungszeitpunkt anhält. Eine Erholungsphase, wie sie sich für die Probestämme der Schadklasse 3 1985 andeutet, weisen die Fichten der Schadklasse 4 nicht auf. Wie bei der Höhenentwicklung beginnt der rückläufige Volumenzuwachstrend der Schadklassen 3 und 4 im Jahr 1977. Zusammenfassend ist festzuhalten, daß die aufgrund des auffälligen Schadbildes der meisten Bäume zu erwartenden Zuwachsrückgänge durch die Stammanalysen bestätigt wurden. Zur Zeit der Aufnahme sind seit langen stark erkrankte oder gar tote Fichten durch stark rückläufige Zuwächse von Höhe, BHD, Grundfläche und Volumen gekennzeichnet.

7.1.2 Die Zuwachsverläufe auf der Fläche 02 Nationalpark

Der aus Naturverjüngung hervorgegangene, ca. 25jährige Bestand weist die für die Hochlagen typische Rottenstruktur auf.

Die Fläche zeigt folgende Schadklassenverteilung :

SK 0: 58%; SK 1: 18%; SK 2: 16%; SK 3: 8%; SK 4: 0%.

Die Mittelhöhe aller vorherrschenden Bäume dieses Bestandes beträgt 5,39m bei einer Standardabweichung von 2,06m. Die untersuchten Bäume liegen in einem Höhenrahmen von 3,33m bis 7,45m (Tab.15)

FI	BNR	SK	BHD mm	HÖHE cm	KAH cm	Alter a
02	419	0	109	500	97	36
02	453	0	111	475	65	28
02	463	0	81	528	107	10
02	464	0	133	520	96	33
02	545	0	101	500	58	35
02	467	1	78	431	88	31
02	447	1	134	580	80	34
02	418	1	90	446	136	31
02	538	1	102	548	93	35
02	547	1	98	582	90	26
02	468	2	83	371	117	33
02	452	2	112	666	132	31
02	428	2	97	365	51	31
02	522	2	105	532	95	33
02	431	3	77	462	255	34
02	481	3	62	316	83	26
02	528	3	82	364	95	30
02	536	3	90	428	85	26
02	539	3	95	479	89	35

Tab. 15: Ertragskundliche Kenngrößen der
Probabäume der Fläche Nationalpark

Die 19 entnommenen Fichten sind zwischen 26 und 36 Jahre alt. An einigen Probabäumen waren deutliche Nadelverluste zu erkennen. Diese Bäume unterscheiden sich in ihrem Zuwachsverhalten in den letzten Jahren von gesunden. Anhand eines gesunden (Nr. 545) und eines stark erkrankten Baumes (Nr. 431) soll diese Aussage deutlich gemacht werden. Hierzu sind in Abbildung 14 die Zuwächse der beiden Bäume gegenübergestellt, deren Kurzcharakterisierung der Tabelle 15 zu entnehmen ist. Beide Bäume weisen ähnliche Höhen auf, unterscheiden sich jedoch im Brusthöhendurchmesser beträchtlich. Da nur vorherrschende Fichten untersucht wurden, kann der geringere Brusthöhendurchmesser des kranken Baumes auf eine bereits seit längerer Zeit andauernden Vitalitätsminderung hinweisen.

Die Zuwächse des gesunden Baumes zeigen für Höhe und BHD seit mehr als 10 Jahren einen auf gleichbleibenden Niveau fiebernden Verlauf. Für Grundfläche und Volumen ist eine steigende Tendenz erkennbar. 1984 ist ein stärkerer Einbruch festzustellen. Das Trockenjahr 1976 brachte keinen negativen Einfluß. BHD-, Grundflächen- und Volumenzuwachs steigen im Folgejahr kräftig an. Der kranke Baum verhält sich zunächst ähnlich. Bis 1978 steigen Grundflächen- und Volumenzuwachs kontinuierlich an, Höhen- und BHD-Zuwachs verharren seit mehreren Jahren auf einem relativ hohen Niveau. Auch dieser Baum wurde vom Trockenjahr 1976 kaum beeinträchtigt. In den letzten 6 Jahren jedoch

sinkt der Zuwachs sowohl für Höhe und BHD, als auch für Grundfläche und Volumen stetig ab. Würde diese Trendänderung als waldschadensbedingt bezeichnet, so wären die Auswirkungen negativer Umwelteinflüsse erstmals 1979 auf dieser Fläche festzustellen. Bäume der Schadklasse 1 und 2 ähneln in ihren Zuwachsverläufen denen der Schadklasse 0.

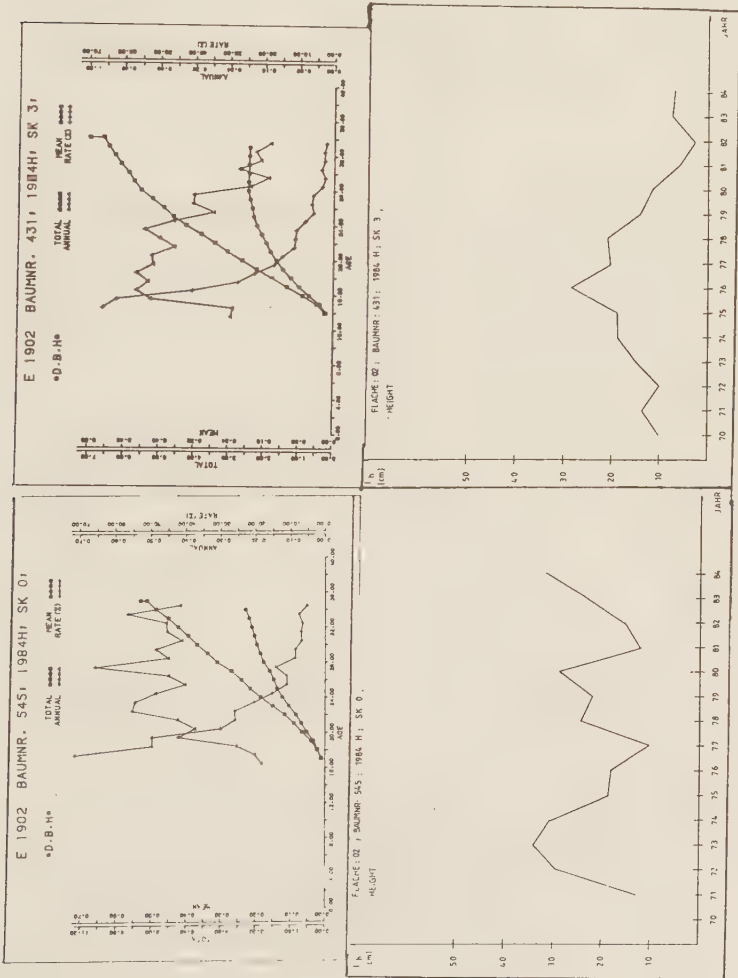


Abb. 14a: Wachstums- und Zuwachskurven der Probestämme Nr 545 (Schadklasse 0) und Nr 431 (Schadklasse 3)-Fläche 02 Nationalpark - Höhen- und Durchmesserzuwachs-

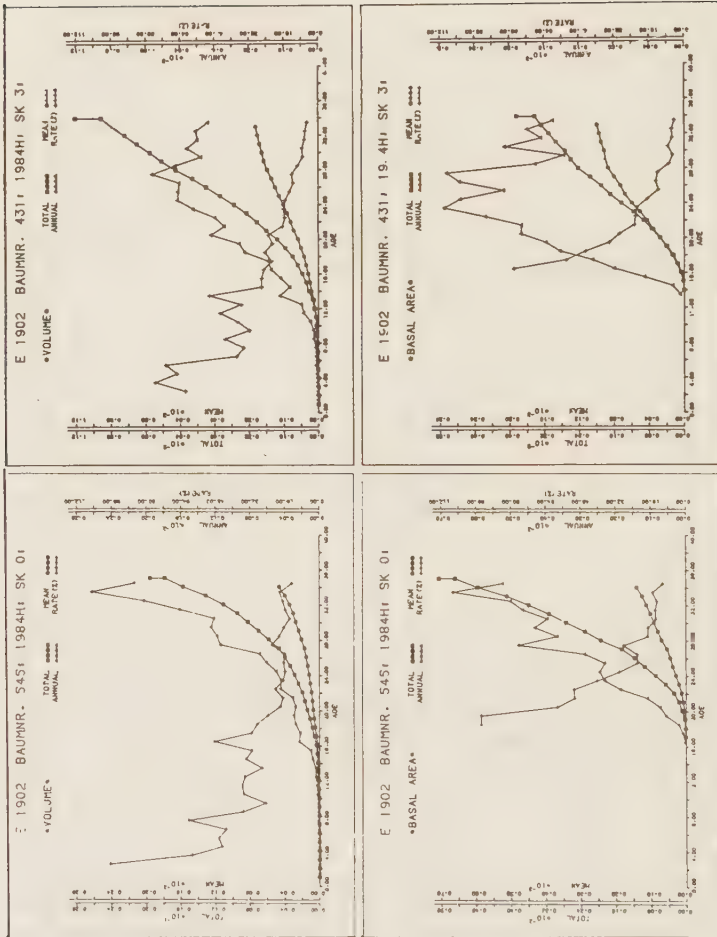


Abb.14b: Wachstums- und Zuwachskurven der Prohebäume Nr 545 (Schad-
klasse 0) u. Nr 431 (Schadklasse 3)-Fläche 02 Nationalpark
- Volumen- und Grundflächenzuwachs-

Ein Vergleich der Schadklassenkollektive (Abb.15 und Abb.16) soll aufzeigen, ob die hier dargestellten Unterschiede für alle Bäume der Schadklasse 3 gelten, also eine generelle Trendänderung vorliegt. Die Schadklassenmittelwerte der ertragskundlichen Kenngrößen sind Tab.16 zu entnehmen.

Probestfläche	SK	DBH (mm)	VK	DBH (m)	VK	KAH (m)	VK	Alter (a)	VK	Zahl der Messungen
02 Nationalpark	0	107	0,17	5,06	0,06	0,85	0,26	32,4	0,10	5
	1	100	0,20	5,17	0,14	0,91	0,23	31,6	0,11	5
	2	99	0,12	4,83	0,30	0,99	0,36	32,0	0,06	4
	3	81	0,16	4,10	0,17	1,20	0,61	30,2	0,14	5

Tab. 16: Schadklassenmittelwerte der ertragskundlichen Kenngrößen
[SK = Schadklasse, VK = Variationskoeffizient]

Es wird deutlich, daß das Kollektiv der stark kranken Bäume sowohl niedrigere Brusthöhendurchmesser als auch Höhen aufweist und zudem höhere Kronenansätze besitzt. Die Variationskoeffizienten (prozentuale Streuung) liegen für den Brusthöhendurchmesser zwischen 12% und 20%, für die Höhe zwischen 4% und 30% und für die Kronenansatzhöhe zwischen 26% und 61%. Nahezu identisch sind die Schadklassenmittelwerte der Alter.

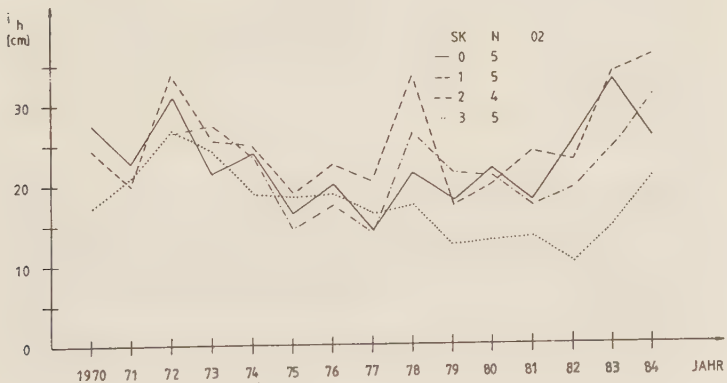


Abb.15: mittlere Höhenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten der Probestfläche 02 Nationalpark
SK = Schadklasse; N = Stichprobenumfang;

Aus Abb.15 ist zu entnehmen, daß die mittlere Höhenentwicklung aller Schadklassen bis 1977 ohne Unterschiede verläuft. Ab 1978 zeigt die Kurve der Schadklasse 3 zwar einen ähnlichen Trend wie die der anderen, aber auf deutlich niedrigerem Niveau.

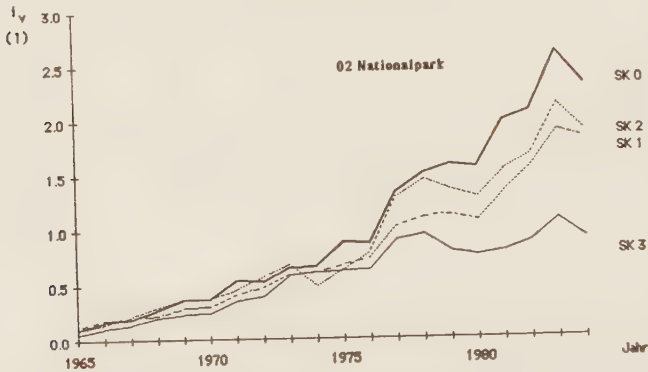


Abb.16: Mittlere Volumenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten der Probestfläche 02 Nationalpark
SK = Schadklasse

Bis zum Jahr 1977 weisen alle vier Schadklassen für den jährlichen Volumenzuwachs nahezu identische Kurvenverläufe auf. Während die Zuwächse der Probestämme der Schadklassen 0,1 und 2 ab 1978 deutlich aufsteigende Tendenz zeigen, schwanken die Zuwächse der Schadklasse 3 bis zum Zeitpunkt ihrer Entnahme um ein Niveau von etwa 1,0 Liter, das somit deutlich niedriger liegt als das der Schadklasse 0 mit 2,3 Liter im Jahre 1984.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die als stark erkrankt eingestuftten Bäume in den letzten 6-7 Jahren durch Zuwachsrückgänge gekennzeichnete Wachstumsgänge aufweisen. Die Höhenentwicklung zeichnet im Jahr 1978, der Volumenzuwachs wesentlich deutlicher im Jahr darauf.

7.1.3 Die Zuwachsverläufe auf der Fläche 03 Nationalpark

Es handelt sich hierbei um einen Naturverjüngungsbestand unter Schirm, der im Durchschnitt 25 Jahre alt ist. Der darüberstehende Altbestand ist derselbe, in dem auch die 3 Femellöcher der Fläche 02 liegen. Die Fläche weist folgende Schädigungsgrade auf:

SK 0: 79%; SK 1: 11%; SK 2: 8%; SK 3: 2%; SK 4: 0%.

Die Mittelhöhe aller vorherrschenden Bäume des Bestandes beträgt 4,44m bei einer Standardabweichung von 1,56m. Die Probestämme bewegen sich in einem Höhenrahmen von 3,96 bis 5,84 Meter (Tab.17).

Fl	BNR	SK	BHD mm	HÖH cm	KAH cm	ALTER a
03	320	0	82	426	76	37
03	308	0	88	418	71	39
03	323	0	81	396	114	40
03	322	0	68	452	100	40
03	333	0	85	422	85	40
03	318	1	99	545	104	33
03	319	1	113	578	77	34
03	325	1	86	584	90	39
03	326	2	109	520	123	34
03	329	2	81	494	59	40

Tab.17: Ertragskundliche Kenngrößen der Probestämme der Fläche Nationalpark

Es konnten nur 10 Bäume analysiert werden, da stärker geschädigte Fichten nicht in ausreichendem Umfang vorhanden waren. Die Zuwachsverläufe der untersuchten Bäume sind erwartungsgemäß sehr ähnlich. Unterschiede wie auf Fläche 02 lassen sich nicht feststellen. Da keine Bäume der Schadklasse 3 vertreten waren, überrascht das aber auch nicht weiter. Ein typischer Vertreter des untersuchten Kollektivs ist Baum Nr. 320 (Abb.17), dessen Kurzcharakterisierung aus Tab.17 hervorgeht.

Die Höhenentwicklung des Baumes ist gekennzeichnet durch einen gewaltigen Zuwachseinbruch im Jahre 1975, der nur schwer zu deuten ist, und wahrscheinlich auf eine Trockenperiode im Jahre 1974 zurückgeht (Ein Gipfelbruch konnte nicht festgestellt werden. Auch ein Verbiss durch Reh- oder Rotwild scheidet aus, da der Baum zu diesem Zeitpunkt schon eine Höhe von 2,30m aufwies). Bereits im Jahr darauf erreicht der Baum aber wieder sein ursprüngliches Zuwachsniveau, das er dann bis zum Zeitpunkt seiner Entnahme hält. Die Trockenperiode 1976 macht sich -

wie das auch schon für andere Bestände beschrieben wurde - erst im darauffolgenden Jahr im Höhenzuwachs bemerkbar. Der BHD-Zuwachs ist seit 13 Jahren leicht rückläufig. Grundflächen- und Volumenzuwachs hingegen weisen eine steigende Tendenz auf, die nur in den Jahren 1980 und 1984 mehr oder weniger stark unterbrochen wird. Der Einbruch 1980 ist vermutlich auf den Kälteschock im April desselben Jahres zurückzuführen. Der starke Zuwachsrückgang 1984 ist klimatisch nicht zu erklären. Die durchschnittlichen Gesamtzuwächse von BHD, Grundfläche und Volumen nehmen stetig zu und weisen keinerlei Unregelmäßigkeiten auf.

Die Schadklassenmittelwerte der ertragskundlichen Parameter sind in Tab.18 aufgeführt. Aus ihr kann entnommen werden, daß die Bäume der Schadklasse 1 sowohl am höchsten als auch am dicksten sind, gefolgt von denen der Schadklasse 3. Der Variationskoeffizient zeigt, daß die Einzelwerte nur wenig streuen. Überraschenderweise sind die Bäume der Schadklasse 1 jünger als die der übrigen beiden Schadklassen.

Probefläche	SK	BHD (mm)	VK	BHGL (m)	VK	KAI (m)	VK	Alter (a)	VK	Zahl der Messungen
05 Nationalpark	0	81	0,09	4,23	0,05	1,00	0,20	38,6	0,05	5
	1	99	0,14	5,10	0,04	0,86	0,21	35,3	0,09	3
	2	95	0,21	5,07	0,03	0,74	0,30	39,5	0,07	2

Tab. 18: Schadklassenmittelwerte der ertragskundlichen Kenngrößen
(SK= Schadklasse, VK= Variationskoeffizient)

Aus der mittleren Höhenentwicklung ist keine schadklassenspezifische Trennung der einzelnen Zuwachskurven möglich (Abb.18). Die Bäume der Schadklassen 0 und 2 weisen nahezu gleich verlaufende Kurven auf, die der Schadklasse 1 verhalten sich im Trend genauso, unterliegen jedoch stärkeren

Schwankungen.

Die mittleren Volumenzuwächse lassen genausowenig gerichtete Unterschiede zwischen den einzelnen Schadklassen erkennen (Abb.19). Schadklasse 1 und 2 weisen bis 1977 Parallelverlauf auf. Ab 1978 zeigen die Volumenzuwächse der Bäume der Schadklasse 1 stark ansteigende Tendenz, die, weit weniger ausgeprägt, auch für die Kollektive der Schadklassen 0 und 2 zu erkennen ist. Die Kurve der Schadklasse 0 ist charakterisiert durch einen markanten Zuwachsgipfel im Jahre 1977 und einen ebenso rasanten Absturz auf das Ausgangsniveau im Folgejahr. Die Gründe für dies auffällige Phänomen sind dem Autor leider verborgen geblieben.

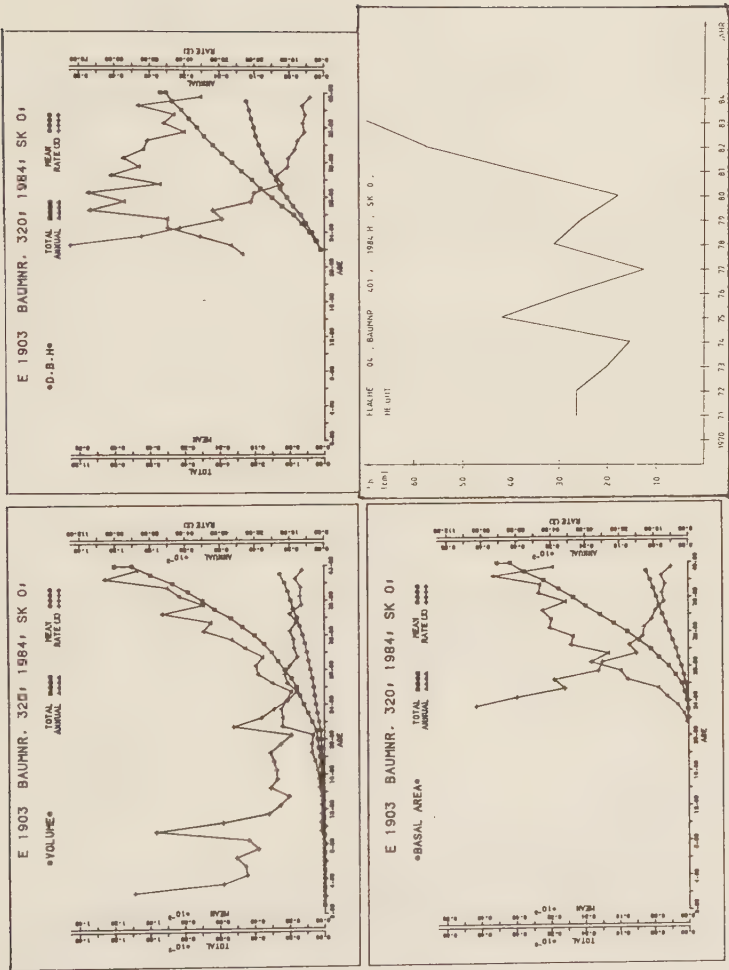


Abb.17: Wachstums- und Zuwachskurven des Probebaumes Nr. 320
(Schadklasse 0) der Fläche 03 Nationalpark.
- Höhen-, Durchmesser-, Grundflächen- u. Volumenzuwachs-

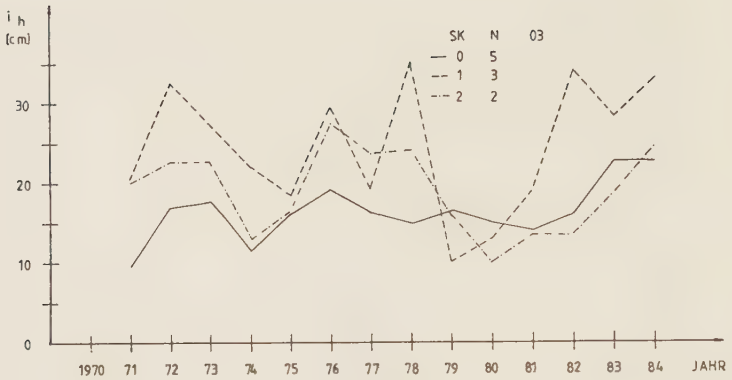


Abb.18: Mittlere Höhenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 03 Nationalpark
SK= Schadklasse
N= Stichprobenumfang

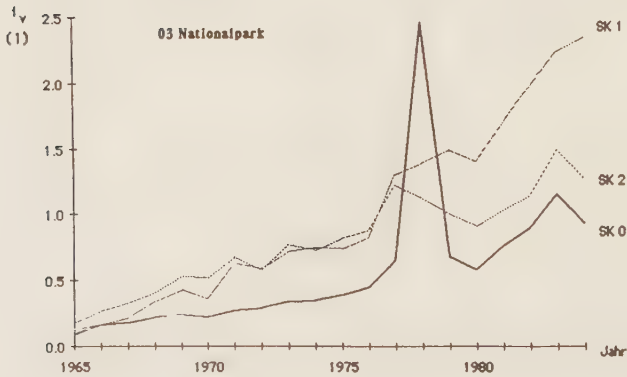


Abb.19: Mittlere Volumenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten - Fläche 03 Nationalpark
SK= Schadklasse

7.1.4 Die Zuwachsverläufe auf der Fläche 04 Wunsiedel

Dieser aus Naturverjüngung hervorgegangene Bestand ist im Mittel 15 Jahre alt und steht unter einem Fichtenaltholzschirm. Die Vitalitätsansprache ergab folgende Schadklassenverteilung:

SK 0: 56%; SK 1: 28%; SK 2: 11%; SK 3: 5%; SK 4: 0%.

Das Alter der 16 entnommenen Bäume variiert zwischen 19 und 36 Jahren (Tab.19). Nadelverluste in zum Teil beträchtlichen Umfang waren erkennbar.

Fl	BNR	SK	BHD mm	HÖHR cm	KAH cm	Alter a
04	401	0	68	420	100	20
04	402	2	93	612	81	29
04	410	2	113	633	207	36
04	415	0	78	433	100	22
04	417	3	91	640	217	32
04	421	0	80	483	98	26
04	422	1	83	505	5	21
04	423	3	85	538	162	27
04	433	3	87	572	53	24
04	437	1	93	438	100	33
04	459	3	42	267	87	33
04	460	3	87	502	77	31
04	467	2	28	224	57	33
04	470	1	74	428	52	20
04	478	1	48	409	100	19
04	484	0	57	408	100	29

Tab.19: Ertragskundliche Kenngrößen der Probestämme der Fläche Wunsiedel

Die Stammanalysen erbrachten keine eindeutigen Zuwachsunterschiede zwischen gesunden und kranken Bäumen. Es ergab sich vielmehr ein schwer erklärbares heterogenes Bild: Hierfür dürften in erster Linie die Eigenart der Bestandesentwicklung und wohl auch die unterschiedlichen Alter der Probestämme verantwortlich sein (Tab.20). Aus der Tabelle ist zu entnehmen, daß die Bäume der Schadklassen 2 und 3 dicker und höher sind als die der Schadklassen 0 und 1, und daß ihre Einzelwerte stärker streuen. Auch sind die als stark krank eingestuften Bäume im Mittel um sieben Jahre älter als die Gesunden.

Probefläche	SK	h ₁₀ (mm)	VK	h ₁₀ (m)	VK	KAH (m)	VK	Alter (a)	VK	Zahl der Messungen
04 Wunsiedel	0	69	0,13	0,69	0,06	1,00	0,43	24,2	0,14	5
	1	61	0,31	0,61	0,11	1,00	0,11	24,3	0,31	3
	2	78	0,57	0,78	0,47	1,13	0,72	28,3	0,28	3
	3	78	0,26	0,78	0,28	0,88	0,89	31,2	0,08	5

Tab.20: Schadklassenmittelwerte der ertragskundlichen Kenngrößen
(SK= Schadklasse, VK= Variationskoeffizient)

Zur Erläuterung dieser besonderen Bestandesverhältnisse werden zunächst die mittlere Höhenentwicklung sowie die mittlere Volumenentwicklung der Schadklassenkollektive vorgestellt (Abb.20 und Abb.21).

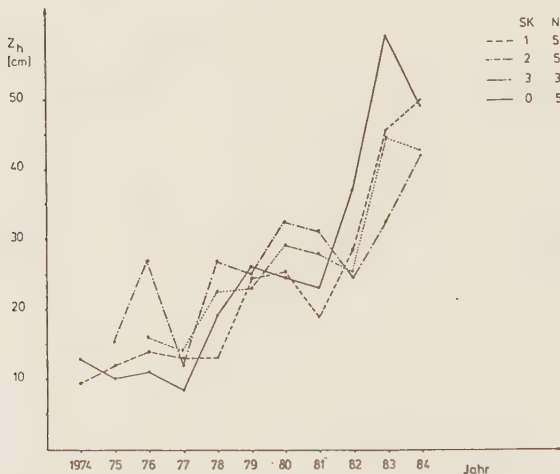


Abb.20: Mittlere Höhenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten der Fläche 04 Wunsiedel

SK= Schadklasse N= Stichprobenumfang

Wie aus Abb.20 hervorgeht, zeigen alle Schadklassen bis 1981 einen ähnlichen Verlauf, der um ein Höhenzuwachs-niveau von 25cm pro Jahr pendelt. Ab 1982 ist ein rasanter Anstieg des Zuwachses zu erkennen. Eine Differenzierung nach Schadklassen liegt nicht vor.

Aus Abb.21 ist zu entnehmen, daß die Probebäume aller vier Schadklassen auch ähnliche Volumenzuwachsverläufe aufweisen, wobei die der Schadklassen 2 und 3 auf deutlich höherem Niveau liegen als die der Schadklassen 0 und 1. Der Grund hierfür dürfte in den unterschiedlichen Altern der Probebäume zu finden sein. Während sich die Fichten der Schadklassen 0 und 1 von 1965 bis 1970 in der Anlaufphase befinden,

haben diese die Bäume der Schadklassen 2 und 3 bereits hinter sich und treten gerade in die Aufschwungphase ein. Die gleichsinnige Entwicklung der vier Schadklassenkollektive hält bis 1977 an. Ab 1978 ist für die Bäume der Schadklasse 2 ein rückläufiger Volumenzuwachs festzustellen, und ein Jahr später auch für die Fichten der Schadklasse 3. Die Prohebäume der Schadklassen 0 und 1 hingegen zeigen weiterhin ansteigende Tendenz. Im Jahre 1980 erleben die Fichten der Schadklasse 2 im Gegensatz zu denen der übrigen Schadklassen einen starken Zuwachseinbruch, der klimatisch nicht zu erklären ist. Bereits im Jahr darauf aber zeigen sie sich davon wieder erholt und treten wie alle Prohebäume der übrigen Schadklassen in eine Entwicklungsphase, die gekennzeichnet ist durch enorme Volumenzuwächse. Dieser steil ansteigende Trend hält für die Fichten der Schadklassen 0, 1 und 2 bis zum Zeitpunkt der Untersuchung an. Die Bäume der Schadklasse 3 erleiden im Aufnahmejahr 1984 einen Zuwachsrückgang, der klimatisch nicht zu erklären ist. Die Entwicklungsgänge in diesem Zeitraum sind auf die Änderung der Überschirmungsverhältnisse ab 1980 zurückzuführen. Zu diesem Zeitpunkt wurde der Altholzschirm zum ersten Mal durch einen größeren Windwurf stark aufgelichtet. In den Jahren darauf sorgten Borkenkäferbefall, wiederholte Windwürfe sowie Waldschäden für eine nahezu vollkommene Auflösung des Schirmbestandes. Auf das erhöhte Lichtangebot reagierten alle Prohebäume des Jungbestandes prompt mit derart gesteigertem Zuwachs, daß die unterschiedlichen Zuwachsniveaus, die von 1965 bis 1979 zu beobachten waren, völlig verschwinden. Die Wuchsgänge der analysierten Fichten werden also entscheidend von der Bestandesentwicklung geprägt, die etwaige Einflüsse der Waldschäden nahezu vollkommen überlagert.

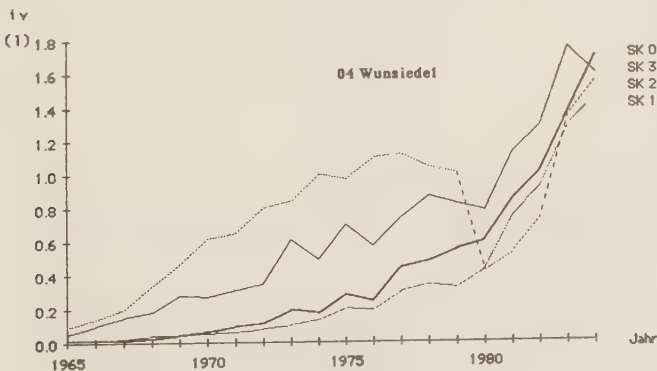


Abb.21: Mittlere Volumenzuwachsverläufe unterschiedlich stark geschädigter Fichten - Fläche 04 Wunsiedel - SK= Schadklasse

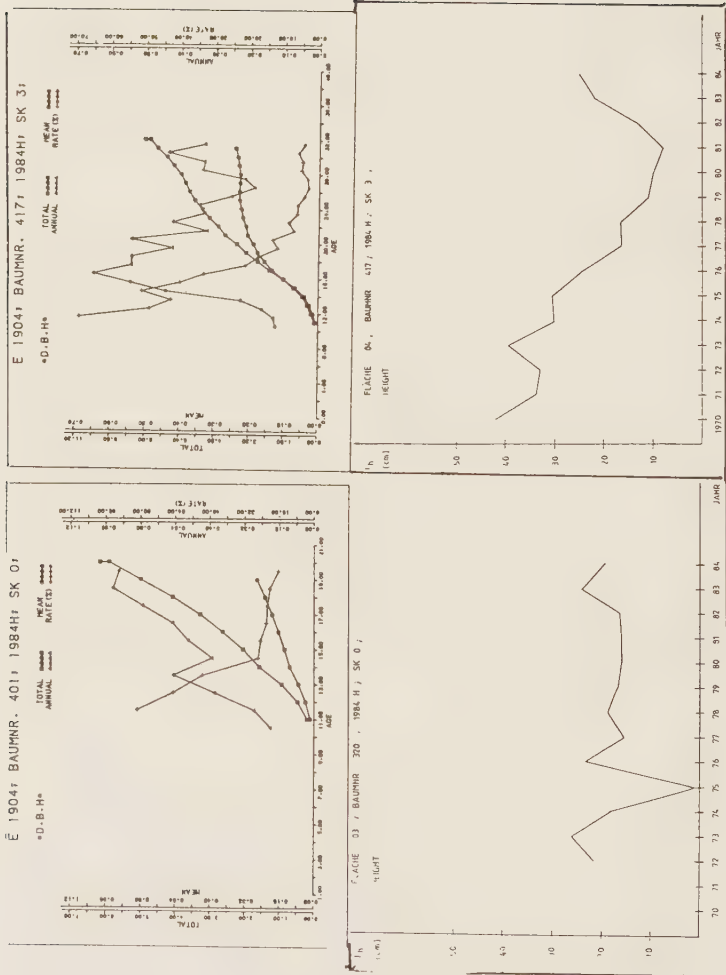


Abb.22a: Wachstums- und Zuwachskurven der Prohebäume Nr 401 (Schadklasse .
0) und Nr. 417 (Schadklasse 3) - Fläche 04 Wunsiedel
- Höhen- und Durchmesserzuwachs -

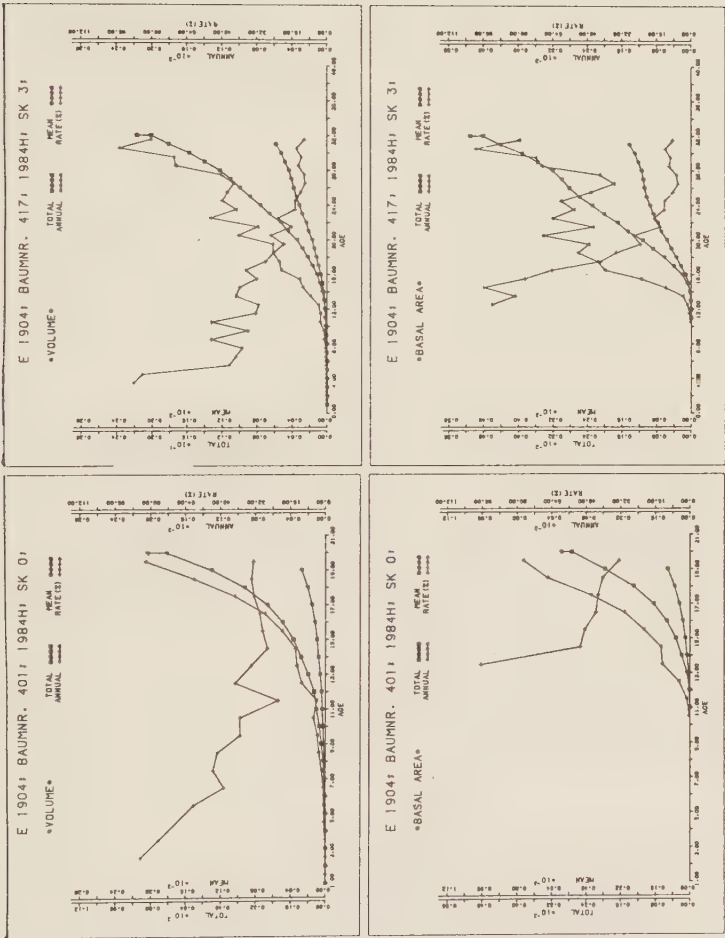


Abb.22b: Wachstums- und Zuwachskurven der Probebäume Nr 401 (Schadklasse 0) und Nr. 417 (Schadklasse 3) - Fläche 04 Wunsiedel
- Grundflächen- und Volumenzuwachs -

In Abb.22 sind die Zuwachsverläufe eines Baumes der Schadklasse 0 denen eines Vergleichsstammes der Schadklasse 3 gegenübergestellt. Die geschilderten Abläufe können an diesen beiden Probestämmen gut nachvollzogen werden. Der gesunde Baum Nr.401 weist nach Überwinden der Anlaufphase langsam ansteigende Zuwächse auf für Höhe, BHD, Grundfläche und Volumen. Das Wachstum des um 12 Jahre älteren Baumes der Schadklasse 3 ist nach der Anlauf- und Aufschwungphase geprägt von einem stark fiebernden Verlauf, der für BHD und Grundfläche rückläufige und für das Volumen ansteigende Tendenz aufweist. Die Zuwächse beider Bäume explodieren förmlich im Jahre 1980 bzw 1981. Der Zuwachsrückgang im Jahre 1984 des als stark erkrankt eingestuften Baumes Nr. 417 ist den meisten Bäumen der Schadklassen 2 und 3 eigen, und klimatisch nicht zu erklären. Mit den geschilderten Befunden sind interessante Einblicke in die Dynamik von Naturverjüngung unter Schirm möglich. Bei nicht sehr ausgeprägter Schädigung kann festgehalten werden, daß sie von durch Veränderung der Lebensumwelt der betroffenen Individuen zum Besseren vollständig überlagert werden können.

7.1.5 Die Zuwachsverläufe auf der Fläche 05 Flossenbürg

Der gepflanzte Bestand ist mit 12 Jahren der jüngste der zu untersuchenden und weist noch keinen Dichtungsschluß auf. 91% der Bäume wurden als gesund eingestuft. Der Rest verteilt sich auf die Schadklassen 1 und 2. Fichten der Schadklassen 3 und 4 sind nicht vorhanden. Die Einstufung in die Klassen 1 und 2 erfolgte ausschließlich auf Grund mehr oder weniger intensiver Gelbfärbung. Nadelverluste waren praktisch nicht feststellbar.

Die Mittelhöhe aller vorherrschenden Bäume beträgt 2,69m bei einer Standardabweichung von 0,77m. Die 12 analysierten Bäume liegen in einem Höhenbereich zwischen 1,92m und 3,46m (Tab.21).

Fl	BNR	SK	BHD mm	HÖHE cm	KAI cm	Alter a
05	310	1	27	291	4	11
05	312	2	17	218	11	11
05	325	0	26	266	8	10
05	330	1	9	180	18	9
05	332	1	13	206	1	11
05	344	1	23	279	17	9
05	349	1	16	208	12	11
05	371	0	20	268	10	11
05	375	0	22	262	2	11
05	381	2	14	98	12	9
05	386	0	22	255	17	12
05	388	0	21	249	12	12

Tab.21: Ertragskundliche Kenngrößen der Probestämme der Fläche Flossenbürg

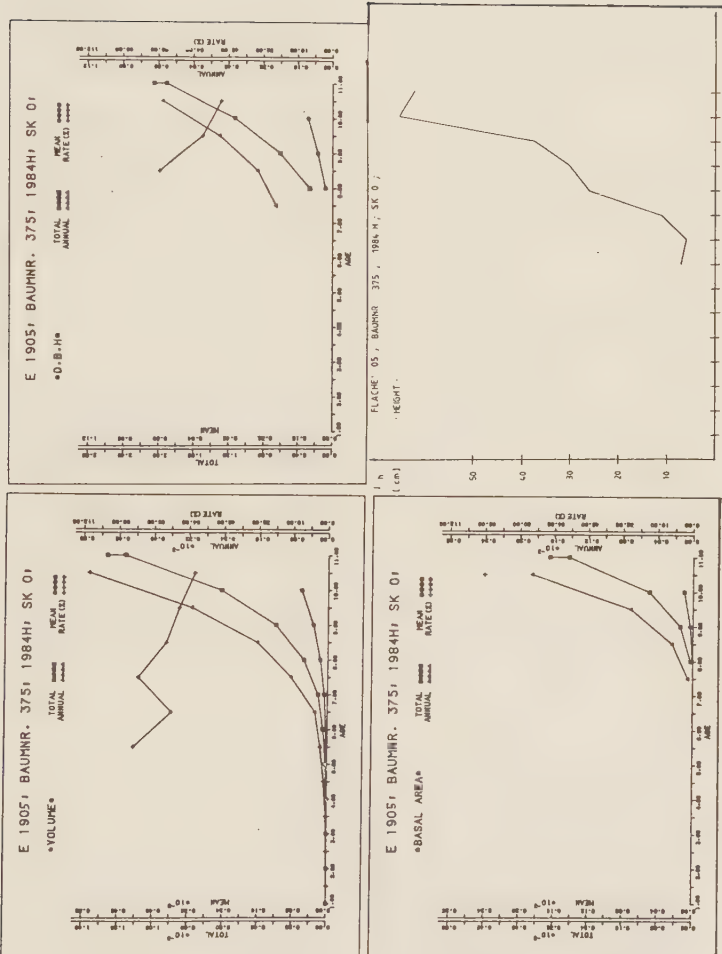


Abb.23: Wachstums- und Zuwachskurven des Probebaumes Nr. 375
(Schadklasse 0) der Fläche 05 Flossenbürg.
- Höhen-, Durchmesser-, Grundflächen- u. Volumenzuwachs -

Erwartungsgemäß verlaufen die Zuwachskurven der untersuchten Bäume nahezu identisch. Die Fichten befinden sich mitten in der Jugendphase - Konkurrenzkampf und soziale Differenzierung finden noch nicht statt - und weisen ungehemmtes Wachstum auf. Sowohl die lfd. Zuwächse als auch die GWL von Höhe, Durchmesser, Grundfläche und Volumen steigen in den letzten Jahren steil an (Abb.23). Unterschiede zwischen den einzelnen Schadklassen sind nicht zu erkennen.

Auch der Vergleich der mittleren Höhenentwicklung und der mittleren Volumenzuwachsverläufe erbrachte keine Unterschiede zwischen den Schadklassenkollektiven (Tab.22)(Siehe Anhang Abb.41 und 42).

Probefläche	SK	BHD (mm)	VK	HÖHE (m)	VK	KAH (m)	VK	Alter (a)	VK	Zahl der Messungen
05 Hossensbürg	0	22	0,10	2,60	0,03	0,10	0,56	11,2	0,07	5
	1	18	0,02	2,13	0,21	0,10	0,73	10,2	0,10	5
	2	17	-	2,18	-	0,11	-	11,0	-	1

Tab.22: Schadklassenmittelwerte der ltragskundlichen Kenngrößen
(SK = Schadklasse, VK = Variationskoeffizient)

7.1.6 Die Zuwachsverläufe auf der Fläche 06 Zwiesel

Der im Durchschnitt zwölfjährige, aus Naturverjüngung hervorgegangene Bestand ist mit 20 000 Pflanzen pro Hektar der stammzahlreichste. Die Schadklassenansprache ergab folgendes Bild:

SK 0: 52%; SK 1: 28%; SK 2: 18%; SK 3: 2%; SK 4: 0%.

Die Mittelhöhe aller vorherrschenden Bäume dieses Bestandes beträgt 3,07m bei einer Standardabweichung von 1,13m. Die entnommenen Bäume liegen in einem Höhenbereich zwischen 2,74m und 3,82m (Tab.23).

FN	DNR	SK	BHD mm	HÖHE cm	KAH cm	Alter a
06	301	2	40	343	63	17
06	302	2	47	334	62	19
06	334	0	42	318	55	18
06	339	0	36	317	40	27
06	339	0	35	294	17	19
06	353	1	29	310	34	17
06	354	1	36	304	66	18
06	356	3	50	382	79	26
06	360	0	79	346	6	20
06	363	0	43	294	10	17
06	365	2	42	312	91	23
06	369	1	42	354	10	19
06	370	2	32	274	45	20
06	383	1	39	294	41	20
06	385	2	46	364	122	19
06	386	1	39	300	52	18
06	387	3	30	287	8	20
06	388	3	26	288	60	16

Tab.23: ltragskundliche Kenngrößen der
Probabäume der Fläche Zwiesel

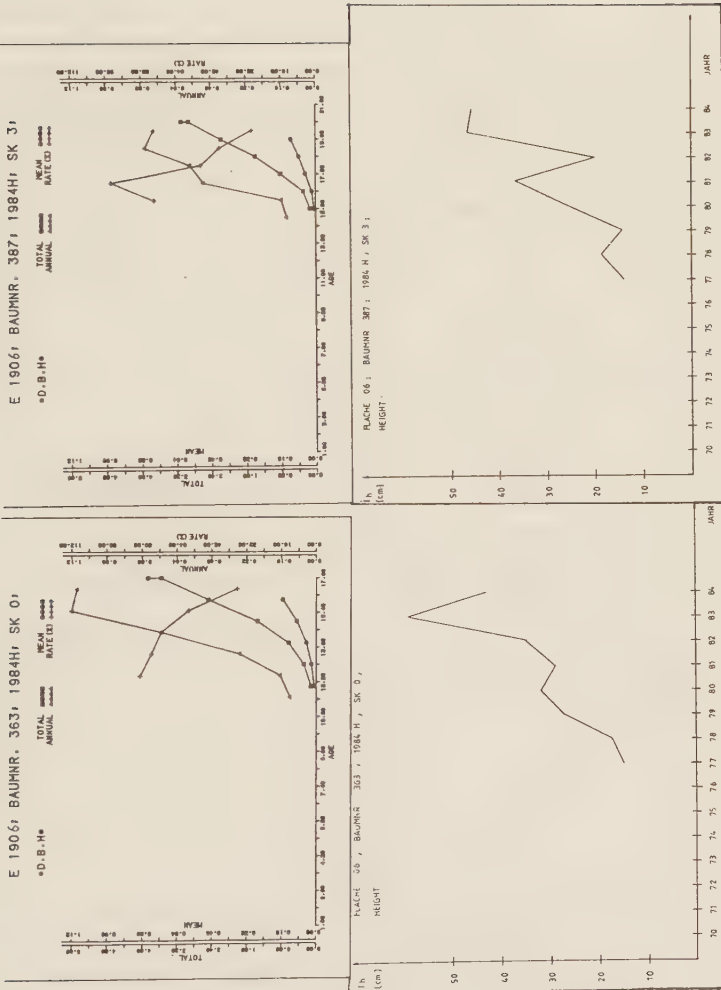


Abb.24a: Wachstums- und Zuwachskurven der Probebäume Nr. 387(Schad-
klasse 3) und Nr.363 (Schadklasse 0) der Fläche 06 Zwiesel
- Höhen- und Durchmesserzuwachs -

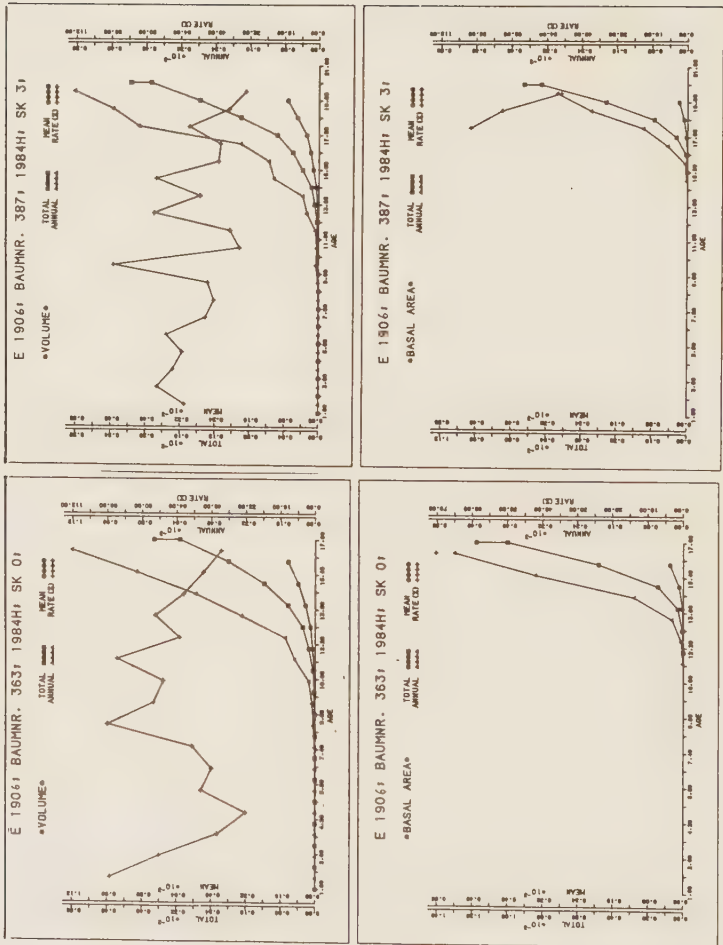


Abb.24b: Wachstums- und Zuwachskurven der Probeebäume Nr. 387 (Schad-
klasse 3) und Nr.363 (Schadklasse 0) der Fläche 06 Zwiesel
- Grundflächen- und Volumenzuwachs -

Obwohl an einigen der Fichten bereits Nadelverluste festzustellen waren, spiegelt sich das in den Zuwachsverläufen nicht wider. Die laufenden Zuwächse von Höhe, Durchmesser, Grundfläche und Volumen weisen mehr oder weniger denselben Trend auf. Dieser ist - altersbedingt - ansteigend. Unterschiede zwischen den Schadklassen sind nicht festzustellen. In Abb.24 sind die Wuchsgänge eines als stark erkrankt eingestuften Baumes (Nr. 387) denen eines gesunden (Nr. 363) gegenübergestellt.

In Tab.24 sind die Schadklassenmittelwerte der ertragskundlichen Kenngrößen aufgeführt. Danach weisen die Kollektive ähnliche Werte für Brusthöhendurchmesser, Höhe und Alter auf. Die Kronenansatzhöhen zeigen zum Teil beträchtliche Unterschiede zwischen den Kollektiven, wobei die Einzelwerte stark streuen.

Probefläche	SK	DBH (mm)	VK	Höhe (m)	VK	KAH (m)	VK	Alter (a)	VK	Zahl der Messungen
06 Zwiesel	0	47	0,39	3,16	0,07	0,26	0,82	20,2	0,20	5
	1	37	0,13	3,12	0,08	0,41	0,52	18,4	0,06	5
	2	41	0,14	3,22	0,10	0,77	0,40	19,6	0,11	5
	3	35	0,36	3,19	0,17	0,49	0,75	20,6	0,24	3

Tab.24: Schadklassenmittelwerte der ertragskundlichen Kenngrößen
(SK- Schadklasse, VK- Variationskoeffizient)

Die mittlere Höhenentwicklung sowie die mittlere Volumenentwicklung der Probebäume der einzelnen Schadklassen (siehe Anhang Abb.43 und Abb.44) bestätigen die geschilderten Ergebnisse: Auf der Fläche 06 Zwiesel sind keine Zuwachsunterschiede zwischen gesunden und kranken Bäumen festzustellen.

7.2. Ergebnisse der Kronenbiomassenanalyse

Die Biomasse von Forstpflanzen gewinnt in letzter Zeit zunehmend an Bedeutung. Für die Praxis wird sie auf ihre Eignung als Rohstoff- und Energielieferant hin betrachtet. Die Wissenschaft hofft durch die Untersuchung von Baumbiomassen tiefere Einblicke in die produktionsökologischen Verhältnisse von Bäumen zu gewinnen.

Pionierleistungen auf diesem Gebiet sind die Untersuchungen von BURGER (1941), MAR:MOLLER (1945) und DENGLE (1937). Nachfolgende Forschungsarbeiten, z.B. SCHÖPFER (1961), VON DROSTE (1969), VAN LAAR (1973) und PRETZSCH (1985) schufen die Grundlage für die von PELLINEN (1983) geforderte Optimierung von Biomasseanalysen. Die Beiträge der genannten Autoren zur biometrischen Formulierung der Gesetzmäßigkeiten des Kronenaufbaus bildeten die Basis für die Anwendung des Stichprobenverfahrens, das dieser Untersuchung zugrundeliegt.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich ausschließlich mit den Ast- und Nadelmassen der untersuchten Bäume. Dem Assimilationsapparat und dessen Träger gilt das Hauptinteresse. Zusammen mit der Wurzel sind sie entscheidend für die Produktion. Eine gemessene und damit genau quantifizierbare Größe, wie die des Assimilationsapparates erlaubt zudem eine Überprüfung der okular angeschätzten Schadklassen. Bäume der Schadklasse 2 etwa können Nadelverluste zwischen 25% und 60% aufweisen. Und es ist durchaus möglich, daß sich diese Spannweite der Benadelung auch im Zuwachsverhalten solcher Bäume niederschlägt.

Zur Herleitung der Gesamtgrünast- und Gesamtnadelbiomassen jedes untersuchten Baumes wurden die entnommenen Stichprobenäste (25% aller Äste eines Probebaumes) herangezogen (vgl. 6.3). Mit Hilfe einer einfachen linearen Regression zwischen Grünast- bzw. Nadelrockengewicht (abh. Variable) und Astlänge (unabh. Variable) wurde eine Schätzfunktion berechnet, die es erlaubte mit ausreichender Genauigkeit auf die Gesamtmassen der Äste und Nadeln hochzurechnen. Eingangsgröße in die Schätzfunktion war die für n Äste eines jeden Probebaumes gemessene Astlänge (Die Totastmasse der Probebäume wurde vollständig entnommen, vgl. 6.3). Die Funktion

$$\ln y = a + b \times \ln x$$

y = Astrockengewicht bzw. Nadelrockengewicht
x = Astlänge
a, b = Regressionskoeffizienten

lieferte in allen Fällen eine gute bis ausreichend genaue Schätzung

der beiden Zielgrößen Gesamtgrünast- und Gesamtnadelmasse. Die Regressionskoeffizienten und statistischen Kennwerte der errechneten Schätzfunktionen für die Probestämme sind in der Tabelle 24 sowie im Anhang in der Tabelle aufgeführt. Bei dem hier und auch in allen übrigen 'Regressionstabellen' angegebenen STANDARDFEHLER handelt es sich immer um den absoluten Fehler der Regressionskoeffizienten.

BNR	Regressions- koeffizienten a	b	DF	B	Stan- dard- fehler	t-Wert/Sg	BNR	Regressions- koeffizienten a	b	DF	B	Stan- dard- fehler	t-Wert/Sg
310	-2,53	1,16	10	0,5	0,58	9,14(*)	310	-6,2	2,12	10	0,1	0,59	21,10(***)
312	-2,61	1,11	6	0,9	0,15	146,00(***)	312	-2,6	1,73	6	0,9	0,29	40,80(***)
325	-3,15	2,10	6	0,9	0,29	52,20(***)	325	-5,6	2,54	6	0,1	0,70	10,30(*)
330	-2,99	1,95	1	0,9	0,11	130,00(***)	330	-5,2	2,48	7	0,9	0,20	160,00(***)
332	-2,33	1,11	7	0,9	0,20	15,90(***)	332	-3,3	2,09	1	0,9	0,25	61,40(***)
344	-3,39	2,02	1	0,9	0,22	85,80(***)	344	-6,6	2,85	1	0,9	0,36	61,40(***)
349	-4,15	2,35	1	0,1	0,55	18,10(**)	349	-1,2	3,01	1	0,8	0,50	36,60(***)
1/1	-1,91	1,58	1	0,8	0,69	21,35(**)	3/1	-4,0	1,16	1	0,8	1,01	39,15(***)
1/5	-4,21	2,19	6	0,8	0,49	19,80(**)	3/5	-4,0	2,14	6	0,8	0,42	25,60(**)
386	-8,66	3,27	7	0,9	0,29	124,00(***)	386	-9,1	3,53	1	0,8	0,65	29,60(**)
388	-1,84	1,63	5	0,9	0,27	36,00(***)	388	0,4	1,11	5	0,6	0,41	6,62(*)

Tab. 25: Regressionskoeffizienten und statistische Kennwerte für den Zusammenhang zwischen Astgewicht (ASIG) und Astlänge (ASTL)
Schätzfunktion: $\ln(ASIG) = a + b \ln(ASTL)$
BNR = Baumnummer DF = Freiheitsgrade
Sg = Signifikanzgrad B = Bestimmtheitsmaß

Regressionskoeffizienten und statistische Kennwerte für den Zusammenhang zwischen Nadelmasse (NAGw) und Astlänge (ASTL)
Schätzfunktion: $\ln(NAGw) = a + b \ln(ASTL)$

Auf der Fläche 01 Neureichenau wurden aus bereits erwähnten Gründen keine Biomasseerhebungen durchgeführt. (s.6.2)

Eine Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse der Biomasseerhebung enthält Tab.26. Darin sind die Probestämme nach Flächen gegliedert und innerhalb dieser nach Schadklassen geordnet. Bei den aufgeführten Biomassewerten handelt es sich immer um Trockengewichte.

Fl	BNR	SK	ÄZ n	ING (mg)	SNBAUM n	ASIG (g)	NAGw (g)	TA (g)	ASTL (cm)
03	308	0	65	233	163519	1913	1179	323	5265
03	320	0	61	268	603731	1400	1618	1723	4218
03	322	0	67	232	312931	805	726	180	3837
03	323	0	67	225	1436889	3302	3233	42	6154
03	333	0	71	175	813714	1685	1529	303	5797
03	318	1	11	280	1182851	3232	3312	186	6091
03	319	1	77	309	1315533	5194	4065	222	8320
03	325	1	10	311	968170	2666	3071	441	5815
03	326	2	89	349	797421	3288	2783	320	6928
03	329	2	59	245	860000	2051	2101	135	4981

Tab.26/I: Befunddaten der Biomasseerhebung für die Probestämme der Flächen 03 Nationalpark

FL	BNR	SK	AZ n	HNG (mg)	SNBAUM n	ASTG (g)	NACW (g)	TA (g)	ASTL (cm)
02	419	0	73	309	1040776	2420	3216	520	5035
02	453	0	73	360	1069444	3984	3850	446	4090
02	463	0	55	284	750704	1764	2132	211	4291
02	464	0	59	311	1584244	4955	4027	1216	5701
02	545	0	77	231	1306926	2935	3019	132	6383
02	418	1	52	306	398692	1996	1220	855	4114
02	447	1	69	339	1573746	6515	5335	519	7420
02	467	1	70	248	617742	1098	1532	51	3847
02	538	1	63	357	827731	2641	2955	921	4784
02	547	1	75	348	846551	2707	2946	522	5473
02	428	2	65	278	460791	1541	1281	230	4600
02	452	2	76	415	765060	3615	3175	941	6727
02	468	2	71	255	481176	2428	1227	225	4801
02	522	2	69	410	1125853	3616	4646	579	5455
02	431	3	53	189	126984	574	240	1403	2456
02	481	3	49	269	146840	780	395	60	2827
02	528	3	53	265	448679	1230	1189	500	2730
02	536	3	68	341	507624	2761	1731	284	5819
02	539	3	67	273	896373	2967	2447	1107	4991
FL	BNR	SK	AZ n	HNG (mg)	SNBAUM n	ASTG (g)	NACW (g)	TA (g)	ASTL (cm)
04	401	0	54	251	1064143	2077	2671	0	4778
04	415	0	66	223	1067245	2913	2380	0	6175
04	421	0	79	189	1129100	2485	2134	600	6162
04	430	0	39	349	515472	2061	1799	1319	3155
04	484	0	53	305	328197	757	1001	692	3576
04	422	1	47	331	636254	2383	2106	2541	3664
04	437	1	58	191	538743	930	1029	241	3926
04	478	1	44	261	160153	469	418	512	2647
04	402	2	75	302	856622	4309	2587	156	8507
04	410	2	54	180	926667	4885	1668	1498	6545
04	467	2	45	159	235220	529	374	0	2487
04	417	3	68	287	498954	2117	1432	840	5460
04	423	3	61	243	786419	3666	1911	1132	5232
04	433	3	81	224	1015178	3814	2274	377	7170
04	459	3	45	189	57143	422	108	272	2163
04	460	3	78	248	1032661	4588	2561	63	7563
FL	BNR	SK	AZ n	HNG (mg)	SNBAUM n	ASTG (g)	NACW (g)	TA (g)	ASTL (cm)
05	325	0	25	320	161571	519	517	0	1833
05	371	0	30	212	175356	346	372	0	1627
05	375	0	25	246	185161	464	455	0	1769
05	386	0	28	204	440461	854	902	0	2113
05	388	0	25	228	178872	369	409	0	1604
05	310	1	42	162	415042	472	673	0	2547
05	330	1	31	168	239843	414	405	0	1640
05	332	1	29	172	238984	300	412	0	1409
05	344	1	30	262	204437	406	536	0	1751
05	349	1	29	218	189867	316	415	0	1483
05	312	2	26	235	77334	210	182	0	1335
FL	BNR	SK	AZ n	HNG (mg)	SNBAUM n	ASTG (g)	NACW (g)	TA (g)	ASTL (cm)
06	334	0	42	190	368421	561	700	53	2716
06	335	0	49	158	511392	799	808	153	3223
06	339	0	49	179	518994	820	929	0	3261
06	360	0	61	272	1203674	2950	3274	0	5759
06	363	0	47	220	916816	1631	2017	0	3936
06	353	1	43	215	210232	359	452	114	2538
06	354	1	35	233	185836	243	433	72	1677
06	369	1	39	207	742512	1076	1537	0	3063
06	383	1	44	222	453153	657	1006	271	2767
06	386	1	47	176	380681	726	670	46	3312
06	301	2	31	300	149667	454	449	190	2045
06	302	2	43	211	231120	472	557	187	2590
06	365	2	42	167	385030	511	643	200	2394
06	385	2	45	233	251389	526	724	60	2469
06	356	3	51	194	252137	455	590	234	2437
06	387	3	45	267	322472	740	495	94	3631
06	388	3	38	151	384768	470	581	105	2699
									2240

Tab.26: Befunddaten der Biomasseerhebung

FL = Flächenkonkennung HNG = Hundertnadelgewicht TA = Totastmasse
 BNR = Baumnummer SNBAUM = Gesamtnadelzahl ASTL = Gesamtastlänge
 SK = Schadtklasse ASTG = Grünastmasse
 AZ = Astzahl NACW = Nadelmasse

7.2.1 Die Diskriminanzanalyse zur Trennung von Zuwachsgruppen

Der Zweck der Diskriminanzanalyse ist die Trennung verschiedener Gesamtheiten (Gruppen) und die Zuordnung fraglicher Elemente (Bäume) zu einer dieser Gesamtheiten. Die Trennung erfolgt durch Erfassung einer Anzahl von Merkmalen an jedem einzelnen Element der Gesamtheiten und durch Aufstellung einer Trennformel (Diskriminanzfunktion), die über die Zuordnung der Elemente entscheidet (WEBER 1972). Dieses multivariate Verfahren besitzt einen weiteren Vorteil: Es reduziert eine große Anzahl von Merkmalen auf einige wenige, die von entscheidender Bedeutung für die Gruppenbildung des Untersuchungskollektivs sind.

Die allgemeine Form der Diskriminanzfunktion lautet:

$$Y = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_ix_i \quad \text{wobei: } Y = \text{Zielgröße}$$

$$x_1-x_i = \text{Merkmale (Variable)}$$

$$1 - b_i = \text{Faktoren}$$

Die Aufgabe der Diskriminanzanalyse ist es, die Faktoren (b_i) so zu bestimmen, daß die Gruppen möglichst scharf voneinander getrennt werden. Die Berechnung wurde mit dem BMDP-Programm P7M durchgeführt. Als Zielgröße (Gruppierungsvariable) wurde der Volumenzuwachs 1984 gewählt. Ausgehend von der Streubreite des Volumenzuwachses auf einer Fläche, wurde dieser in drei Gruppen (niedrig, mittel, hoch) unterteilt. Die Auswahl der in die beiden Diskriminanzfunktionen eingehenden Variablen erfolgt schrittweise. Bei jedem Schritt wird dasjenige Merkmal in die Trennformel aufgenommen, das den größten, statistisch signifikanten Beitrag zur Differenzierung der Gruppen leistet. Folgende Variablen wurden für die Diskriminanzanalyse herangezogen:

Gesamtzahl der Nadeln pro Baum (SNBaum)
 Astgewicht (AstGw)
 Nadelgewicht (NaGw)
 Totastmasse (Totb)
 Gesamtlänge (SAsL)
 Kronenmantelfläche (KMF)
 Kronenvolumen (KRVOL)
 Spreitungsvolumen (SPRGR)
 Plumpheitsgrad (PLGR)
 Benadelungsprozent (BNP)
 Gesamtastgewicht (SASTGW)
 Nadelgewicht pro m² Kronenmantelfläche (NaGwKMF)
 Nadelgewicht pro Einheit Astgewicht (NaGaGw)
 Anzahl der Nadeln pro cm Ast (NadPCM)

Zur Beurteilung der Güte der Diskriminanzanalyse stehen drei Weiser zur Verfügung:

1) Wilks' Lambda

Lambda kann Werte zwischen 0 und +1 annehmen. Je näher Lambda an 0, desto besser ist eine Trennung der ausgeschiedenen Gruppen möglich.

2) Kanonische Korrelation CR

Sie kann Werte zwischen 0 und +1 annehmen und ist vergleichbar mit dem Korrelationskoeffizienten r der linearen Regression. Je größer die kanonische Korrelation, desto besser die Trennung der Gruppen durch die berechneten Diskriminanzfunktionen. Die kanonische Korrelation verhält sich somit genau umgekehrt zu Wilks' Lambda, aus der sie wie folgt berechnet wird: $CR = 1/(1-\text{Lambda})$. Auf die Angabe der kanonischen Korrelation wird daher im folgenden verzichtet.

3) Prozentanteil der richtigen Zuordnungen

Liegen, wie bei dieser Untersuchung, drei Gruppen vor, so sind die zwei Diskriminanzfunktionen als optimal zu bezeichnen, wenn es damit gelingt, alle Fälle (Bäume) richtig den drei Gruppen zuzuordnen. Je geringer der Prozentanteil, desto schlechter die Trennung.

Die Überprüfung, ob die errechneten linearen Diskriminanzfunktionen eine wirkliche (statistisch abgesicherte) Trennung der Gesamtheiten bewirken, erfolgt varianzanalytisch.

Die statistischen Kennwerte und Ergebnisse der Diskriminanzanalyse sind in den Tabellen 28-32 zusammengefaßt. Die Wilks' Lambda Werte der einzelnen Flächen (zwischen 0,056 und 0,283) signalisieren, daß die errechneten Diskriminanzfunktionen eine gute bis sehr gute Trennung der ausgeschiedenen Volumenzuwachstgruppen ermöglichen. Die Anzahl der in die Trennformel aufgenommenen Variablen schwankt zwischen zwei (Fläche 05 Flossenbürg) und vier (Fläche 02 Nationalpark). Bei den ausgewählten Variablen handelt es sich um die Biomassegrößen: Nadelmasse, Totastmasse, Gesamtastgewicht und Gesamtnadelzahl, des weiteren um die Kronenraumgrößen: Kronenmantelfläche und Kronenvolumen, sowie um die Vitalitätsweiser: Benadelungsprozent, Nadelmasse pro Einheit Astgewicht und Nadelmasse pro qm Kronenmantelfläche.

Prüberfläche	NaGw	toLB	GaG	SNbaum	KMF	KVOI	BNP	NaGaGw	NaGwKMF
02 Nationalpark	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein	ja	nein
03 Nationalpark	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja
04 Wunsiedel	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein
05 Flossenbürg	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein
06 Zwiesel	nein	ja	nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein

Tab.27: Baumparameter der Diskriminanzfunktionen und ihre Verwendungs-häufigkeit

Wie aus Tabelle 27 ersichtlich ist, sind Nadelmasse, Totastmasse und die Vitalitätsweiser am häufigsten in den Trennfunktionen vertreten. Ein untergeordnete Rolle hingegen spielen die Kronenstrukturparameter. Betrachtet man in den Diskriminanzanalysetabellen die Klassifizierungsmatrizen, so stellt man fest, daß es mit den Trennformeln auf allen Flächen gelingt, der Volumenzuwachsgruppe "niedrig" hundert Prozent aller Fälle richtig zuzuordnen. Auch die Zuordnung zur Volumenzuwachsgruppe "hoch" ist mit 60% (Fläche 05 Flossenbürg) bis 100% (Fläche 02 Nationalpark, 03 Nationalpark) als gut zu bezeichnen. Am schwierigsten ist es, der Volumenzuwachsgruppe "mittel" alle Fälle korrekt zuzuweisen. Die Erfolgchancen hierfür liegen zwischen 33% (05 Flossenbürg) und 87,5% (02 Nationalpark).

	FAKTORIEN				Wilks' Lambda	korrekt zugeordnete Fälle je Gruppe (%)	F-MATRIX/SIGNIFIKANZ	
	b1	b2	b3	b4			niedrig	mittel
Funktion 1	-0,2105	-1,0282	-0,0005	0,0002	0,11	niedrig 100,0	/	/
Funktion 2	-0,0478	-8,7998	-0,0031	-0,0019		mittel 87,5	5,50(*)	/
						hoch 100,0	14,64(***)	6,13(**)

Tab.28: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse für die Fläche 02 Nationalpark

Diskriminanzfunktion: $iv = b1 \times KMF + b2 \times NaCaG + b3 \times NaCaG + b4 \times SastG$
 Gruppierungsvariable: Volumenzuwachs (iv)
 Gruppeneinteilung: - niedrig < 1,0 L
 - mittel 1,0 - 2,0 L
 - hoch > 2,0 L
 Freiheitsgrade : 4 13

	FAKTOREN				Wilks' Lambda	korrekt zugeordnete Fälle je Gruppe (%)	F-MATRIX/SIGNIFIKANZ	
	b1	b2	b3	b4			niedrig	mittel
Funktion 1	-0,0025	0,0218	-0,0015	/	0,19	niedrig 100,0	/	/
Funktion 2	0,0011	-0,0486	-0,0008	/		mittel 60,0	3,31	/
						hoch 100,0	6,57(*)	2,57

Tab.29: Statistisch Kennwerte der Diskriminanzanalyse für die Fläche 03 Nationalpark

Diskriminanzfunktion: $iv = b1 \times NaCaG + b2 \times NaCaG \times KMF + b3 \times TotB$
 Gruppierungsvariable: Volumenzuwachs (iv)
 Gruppeneinteilung: - niedrig < 1,0 L
 - mittel 1,0 - 2,0 L
 - hoch > 2,0 L
 Freiheitsgrade : 3 5

	FAKTOREN				Wilks' Lambda	korrekt zugeordnete Fälle je Gruppe (%)	F-MATRIX/SIGNIFIKANZ	
	b1	b2	b3	b4			niedrig	mittel
Funktion 1	-0,0041	4,6120	0,0003	/	0,05	niedrig 100,0	/	/
Funktion 2	0,0003	-3,0315	-0,0019	/		mittel 75,0	34,79(***)	/
						hoch 85,7	25,80(***)	4,55(*)

Tab.30: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse für die Fläche 04 Wunsiedel

Diskriminanzfunktion: $iv = b1 \times NaCaG + b2 \times NaCaG + b3 \times TotB$
 Gruppierungsvariable: Volumenzuwachs (iv)
 Gruppeneinteilung: - niedrig < 1,0 L
 - mittel 1,0 - 2,0 L
 - hoch > 2,0 L
 Freiheitsgrade : 3 11

	FAKTOREN				Wilks' Lambda	korrekt zugeordnete Fälle je Gruppe (%)	F-MATRIX/SIGNIFIKAN.	
	b1	b2	b3	b4			niedrig	mittel
Funktion 1	-1,759	-0,085	/	/	0,28	niedrig 100,0	/	/
Funktion 2	1,379	-0,104	/	/		mittel 33,3	3,57	/
						hoch 60,0	8,78(*)	0,73

Tab.31: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse für die Fläche 05 Flossenbürg

Diskriminanzfunktion: $iv = b1 \times KrVol + b2 \times BNP$

Gruppierungsvariable: Volumenzuwachs (iv)

Gruppeneinteilung: - niedrig < 0,3 L

- mittel 0,3 - 0,6 L

- hoch > 0,6 L

Freiheitsgrade : 2 7

	FAKTOREN				Wilks' Lambda	korrekt zugeordnete Fälle je Gruppe (%)	F-MATRIX/SIGNIFIKAN.	
	b1	b2	b3	b4			niedrig	mittel
Funktion 1	-0,0001	0,0080	0,1044	/	0,18	niedrig 100,0	/	/
Funktion 2	0,0001	-0,0066	-0,4541	/		mittel 75,0	1,54	/
						hoch 75,0	4,94(*)	13,84(**)

Tab.32: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse für die Fläche 06 Zwiesel

Diskriminanzfunktion: $iv = b1 \times SNRaum + b2 \times totB + b3 \times KMF$

Gruppierungsvariable: Volumenzuwachs (iv)

Gruppeneinteilung: - niedrig < 0,5 L

- mittel 0,5 - 0,8 L

- hoch > 0,8 L

Freiheitsgrade : 2 14

Hier wird wieder das bekannte Phänomen aus der Waldschadensforschung deutlich: Bäume mit starker Schädigung zeichnen auch im Zuwachs und lassen sich gut von gesunden unterscheiden. Solche mit geringem bis mittlerem Schadgrad hingegen verhalten sich meist wie ungeschädigte Bäume. Zuwachseinbußen können oft nicht nachgewiesen werden. Bestätigt wird dieses Ergebnis durch die varianzanalytische Überprüfung der errechneten Diskriminanzfunktionen, die ausweist, ob die Trennformel eine wirkliche Unterscheidung der drei Gruppen bewirken. Hierzu betrachtet man die F-Matrizen in den Diskriminanzanalysetabellen. In allen Fällen ist eine signifikante bis höchst signifikante Trennung der beiden Volumenzuwachsguppen "niedrig und "hoch" möglich. Eine statistisch abgesichert Trennung der Gruppen "niedrig" und "mittel" hingegen gelingt nur für die Flächen 02 Nationalpark und 04 Wunsiedel. Die Gruppen "mittel" und "hoch" lassen sich für die Flächen 02 Nationalpark , 04 Wunsiedel und 06 Zwiesel statistisch signifikant unterscheiden.

Die Ergebnisse der Diskriminanzanalyse lassen sich abschließend in zwei Punkten zusammenfassen:

- 1) Die entscheidenden Variablen zur Erklärung des Volumenzuwachses und damit zur Trennung von Zuwachsgruppen sind in den Biomasseparametern (Nadelmasse, Totastmasse) und Vitalitätsweisern (Benadelungsprozent, Nadelmasse pro qm Kronenmantelfläche) zu suchen. Von geringerer Bedeutung für den Volumenzuwachs sind die Kronenkenngößen.
- 2) Statistisch abgesichert lassen sich nur niedrige von hohen Zuwächsen trennen. Grund hierfür ist neben dem indifferenten Zuwachsverhalten gering geschädigter Bäume sicherlich auch der geringe Stichprobenumfang pro Volumenzuwachsgruppe, der sich bei Ausscheidung von fünf Schadklassen (gegenüber den drei Volumenzuwachsgruppen "niedrig", "mittel", "hoch") noch weiter verringern würde.

Auf eine varianzanalytische Überprüfung der nachfolgenden Ergebnisse wird daher in der Regel verzichtet. Auch deswegen, weil die fünf Schadklassen noch nicht einmal gleiche Nadelverlustspannen aufweisen, was zum einen einen enormen Informationsverlust zur Folge hat, und zum anderen eine große Streuung der einzelnen Parameter, besonders in den Schadklassen 2 und 3 bedingt (vgl. hierzu die in den nachfolgenden Abbildungen angegebenen Variationskoeffizienten). Beim nachfolgenden Ergebnisteil, in dem die Befunde der Biomassen- und Kronenanalyse dargestellt werden, handelt es sich daher in erster Linie um deskriptive Statistik. Eine detailliertere statistische Durchleuchtung des Datenmaterials wird in Kapitel 8. REGRESSIONSANALYTISCHE BETRACHTUNGEN ZUM STAMMWACHSTUM vorgenommen. Dort werden die Schadklassen unserer Probabäume durch deren genau erhobenes Benadelungsprozent (s. 6.3) ersetzt.

7.2.2 Die Astzahlen und Astlängen

Um Überblick über das umfangreiche Datenmaterial zu bekommen, werden im folgenden die Merkmalsgrößen der Kronenbiomasse einzeln behandelt. Zum Vergleich der Schadklassen innerhalb einer Fläche werden deren durchschnittliche Parameterwerte mit dem zugehörigen Variationskoeffizienten (prozentuale Standardabweichung angegeben in Werten zwischen 0,00 und 1,00) gegenübergestellt. Aus Tab.33 gehen zunächst die mittlere Anzahl der Äste und deren mittlere Gesamtlänge, getrennt nach Flächen und Schadklassen, hervor.

Probefläche	S K 0		S K 1		S K 2		S K 3	
	mAZ	mAL	mAZ	mAL	mAZ	mAL	mAZ	mAL
02 Nationalpark	67	57,0	66	51,3	70	54,0	58	37,6
03 Nationalpark	66	50,5	73	61,4	74	79,5	-	-
03 Wunsiedel	58	47,7	50	43,1	58	58,5	67	55,1
05 Flossenbürg	27	17,9	32	17,7	26	13,4	-	-
06 Zwiesel	50	37,3	42	26,7	40	23,9	45	28,6

Tab.33: Mittlere Anzahl der Äste (mAZ) und deren mittlere Gesamtlänge (mAL), getrennt nach Flächen und Schadklassen (SK)

Wie aus Tab.33 hervorgeht, weisen die Fichten der verschiedenen Schadklassen innerhalb einer Fläche durchaus eine ähnliche Astanzahl auf. Wie wir noch sehen werden, sind niedrige Astzahlen, wie sie in einigen Schadklassen vorkommen, immer mit hohen Totastmassen verbunden. (s. 7.2.1). Dort sind also "fehlende" Äste von Bäumen dieser Schadklassen wieder zu finden. Von der Anzahl der Äste her sind demnach die Probabäume innerhalb einer Fläche gut vergleichbar.

Für die mittleren Gesamtlängen sind deutliche Unterschiede zwischen den Schadklassen zu erkennen. Auf der Fläche 02 Nationalpark sind die Äste der stark kranken Bäume auffallend kürzer als die der übrigen Fichten, obwohl sich die Baumdimensionen kaum voneinander unterscheiden (vgl. Tab.16). Da nur vorherrschende Individuen entnommen wurden, können die Probabäume keine geklemmten Kronen haben, im Falle der stark geschädigten aber deutlich kürzere. Die hohen Kronenansätze deuten auf eine Entnadelung im unteren Kronendrittel hin, in dem die längsten Äste bei Jungfichten dieser Größe sitzen.

Auf den Flächen 03 Nationalpark und 04 Wunsiedel hingegen, sind die Äste der kranken Bäume länger als die der gesunden. Für die Fläche 04 Wunsiedel ist dies nicht verwunderlich, da die Bäume der Schadklassen 2 und 3 dicker und höher sind als die der Schadklassen 0 und 1 (vgl. Tab.18). Auf der Fläche 03 Nationalpark dagegen sind die Bäume der Schadklasse 1 am größten (vgl. Tab.20). Dieses Kollektiv weist jedoch kürzere Astlängen als das der Schadklasse 2 auf. Auf der Fläche 05 Flossenbürg sind die Astlängen der Bäume der Schadklassen 0 und 1 gleich. Die Äste des Baumes der Schadklasse 2 sind kürzer. Auf der Fläche 06 Zwiesel tragen die Probabäume der Schadklasse 0 auffällig längere Äste als die der übrigen Schadklassen, obwohl sie weder dicker noch höher als z.B. die Bäume der Schadklasse 2 sind (vgl. Tab.24). All diese Befunde deuten auf eine gewisse Inkonsistenz des Merkmals Astlänge hin.

7.2.3 Die Astbiomassen

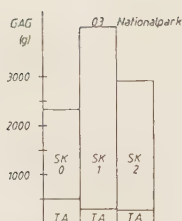
Die Astmassen der Probebäume wurden unterteilt in Grünast- und Totastmassen. In Abb.25 sind die Gesamtastmassen und der Anteil der Totastmasse dazu dargestellt. Die Differenz ergibt den Grünastanteil.

Auf der Fläche 02 Nationalpark ist eine deutliche Differenzierung nach Schadklassen zu erkennen. Schadklasse 3 weist nur 50% der Gesamtastmasse von Schadklasse 0 auf, hat aber gleichzeitig den höchsten Anteil an Totastmasse. Diese kann die niedrigen Grünastgewichte der stark erkrankten Bäume aber nur zu einem geringen Teil erklären.

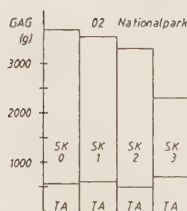
Anders liegen die Verhältnisse auf der Fläche 03 Nationalpark. Die höchsten Gesamtastgewichte verzeichnet Schadklasse 1, die niedrigsten Schadklasse 0. Analog der Fläche 02 verhalten sich die Totastmassen. Schadklasse 0 mit den niedrigsten Grünastgewichten hat die höchsten Totastgewichte.

Auf der Fläche 04 sind die Gesamtastgewichte der Schadklassen 2 und 3 am höchsten. Die Gründe hierfür sind, wie bereits erwähnt (7.1.4) in den unterschiedlichen Dimensionen und Altern der Probebäume zu finden. Der Totastanteil der Schadklassen 0,2 und 3 ist nahezu identisch, der der Schadklasse 1 hingegen deutlich höher.

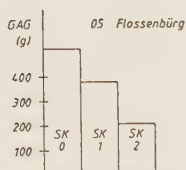
Auf der Fläche 05 Flossenbürg ist wieder eine deutliche Unterscheidung der Gesamtastgewichte nach Schadklassen gegeben, die zum Großteil aber auf die unterschiedlichen Dimensionen der Probebäume zurückzuführen ist (vgl. Tab.22). Es bleibt aber zu bemerken, daß der Stichprobenumfang der Schadklasse 2 mit einem Baum nur geringe Aussagekraft besitzt. Die Probebäume dieser Fläche besitzen noch keinen Totastanteil. Etwas unklare Verhältnisse herrschen auf der Fläche 06 Zwiesel. Schadklasse 0 weist nahezu doppelt so hohe Gesamtastgewichte wie die übrigen Schadklassen auf. Die sehr niedrigen Werte der Schadklasse 1 jedoch deuten auf Dimensionsunterschiede zwischen den Schadklassen hin, denen an anderer Stelle noch nachgegangen werden wird. Der Anteil der Totastmasse verhält sich in der bereits beschriebenen Art und Weise. Je geringer die Grünastgewichte, desto höher die Totastmassen.



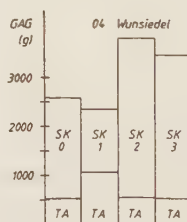
GAG	2335	3980	2897
N	5	3	2
VK	0,41	0,31	0,35



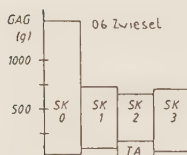
GAG	3729	3565	3294	2333
N	5	5	4	5
VK	0,44	0,60	0,40	0,54



GAG	510	382	210
N	5	5	1
VK	0,40	0,19	1



GAG	2581	2359	3792	3458
N	5	3	3	5
VK	0,31	0,94	0,79	0,49



GAG	1393	713	658	690
N	5	5	5	3
VK	0,68	0,44	0,07	0,19

Abb.25: Die durchschnittlichen Gesamttast-(GAG) und Totastgewichte(TA) (in g) getrennt nach Flächen und Schadklassen (SK). (VK= Variationskoeffizient, N= Stichprobenumfang)

7.2.4 Die Nadelbiomassen

Die einem Baum zur Verfügung stehende Nadelmasse ist ein zentraler Weiser für sein Leistungsvermögen. Abb.26 zeigt für die einzelnen Flächen die durchschnittlichen Nadelgewichte der Probeebäume, getrennt nach Schadklassen.

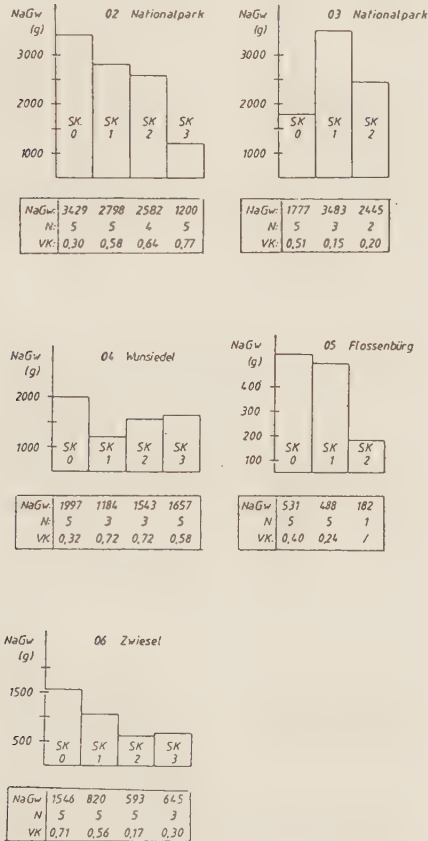


Abb.26: Durchschnittliche Nadelmassen (NaGw in g)
je Baum getrennt nach Schadklassen (SK)
(VK= Variationskoeffizient, N= Stichprobenumfang)

Die Nadelgewichte stellen sich auf den Flächen in ähnlicher Weise dar, wie es für die Astgewichte bereits aufgezeigt wurde. Mit zunehmender Schadklasse sinken die Nadelmassenwerte auf den Flächen 02 Nationalpark, 05 Flossenbürg und 06 Zwiesel. Die sehr niedrigen Werte der Schadklasse 3 auf der Fläche 02 Nationalpark sind ein erstes Indiz für eine Schwächung der Vitalität dieser Bäume da sie nicht auf unterschiedliche Baumdimensionen zurückzuführen sind (vgl. Tab.16).

Auf der Fläche 03 Nationalpark sind die höchsten Werte in der Schadklasse 1 zu finden, gefolgt von den Schadklassen 2 und 0.

Fläche 04 Wunsiedel ist gekennzeichnet durch hohe Nadelgewichte der gesunden und sehr niedrige an den als kränkelnd eingestuften Bäumen. Anders als bei den Astgewichten haben die kranken Bäume geringere Nadelgewichte als die gesunden (vgl. 7.2.4), obwohl die Bäume der Schadklassen 2 und 3 größer dimensioniert sind als die der Schadklasse 0.

Insgesamt gesehen ist das sich ergebende Bild wenig eindeutig. Irgendwelche Schlüsse im Hinblick auf die Schadensfolgen sind nicht möglich.

7.2.5 Die Hundertnadelgewichte

Abb.27 zeigt die durchschnittlichen Hundertnadelgewichte für die einzelnen Flächen, getrennt nach Schadklassen. Ein einheitlicher Trend über alle Flächen ist bei den Hundertnadelgewichten nicht zu erkennen. Auf der Fläche 02 Nationalpark steigen die Hundertnadelgewichte bis zur Schadklasse 2 leicht an, um dann für Schadklasse 3 deutlich abzufallen.

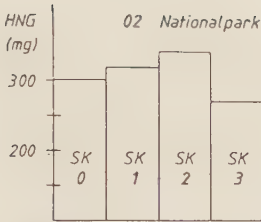
Die Fläche 03 Nationalpark bietet das gleiche Bild, wie es bereits für die Ast- und Nadelmassen gezeigt wurde (vgl. 7.2.3 und 7.2.4). Die höchsten Hundertnadelgewichte sind in der Schadklasse 1 und die niedrigsten in der Schadklasse 0 festzustellen.

Die Fläche 04 Wunsiedel ist charakterisiert durch etwas niedrigere Hundertnadelgewichte der Schadklassen 2 und 3, gegenüber den Schadklassen 0 und 1.

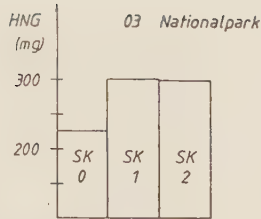
Auf der Fläche 05 Flossenbürg sind die hundert Nadeln der Schadklassen 1 und 2 am schwersten.

Die höchsten Hundertnadelgewichte auf der Fläche 06 Zwiesel hält Schadklasse 2. Die übrigen Schadklassen liegen deutlich niedriger und unterscheiden sich kaum voneinander.

Abschliessend bleibt festzuhalten, daß sich die Hundertnadelgewichte der Probebäume nur wenig voneinander unterscheiden. Diese Biomassen-größe scheint also nicht geeignet zur Trennung der Schadklassen. Die Ergebnisse stehen im Widerspruch zu den Untersuchungen von MITTERREITER (1985) und BLOCH (1985).



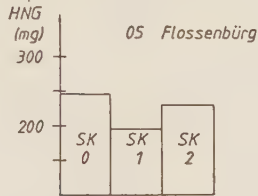
HNG:	299	320	340	267
N:	5	5	4	5
VK:	0,16	0,14	0,25	0,20



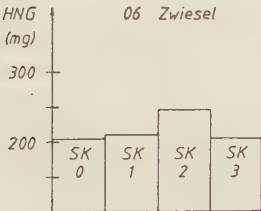
HNG:	227	302	297
N:	5	3	2
VK:	0,15	0,06	0,25



HNG:	263	261	214	238
N:	5	3	3	5
VK:	0,24	0,27	0,36	0,15



HNG:	242	196	235
N:	5	5	1
VK:	0,19	0,22	1



HNG:	204	210	246	204
N:	5	5	5	3
VK:	0,22	0,10	0,21	0,29

Abb.27: Die mittleren Hundertnadelgewichte (HNG in mg) der Flächen, getrennt nach Schadklassen (SK) (VK= Variationskoeffizient, N= Stichprobenumfang)

7.2.6 Die Anzahl Nadeln pro Baum

Die Anzahl der Nadeln pro Baum ergibt sich als rechnerische Größe aus der Nadelmasse eines Baumes und seinem Hundertnadelgewicht (Nadelzahl pro Baum = $100/\text{Hundertnadelgewicht} \times \text{Nadelmasse}$). In Tab.34 sind die durchschnittlichen Nadelzahlen pro Baum für jede Fläche getrennt nach Schadklassen wiedergegeben. Da, wie dargelegt wurde, die Hundertnadelgewichte der Schadklassen innerhalb der einzelnen Flächen sich nur wenig voneinander unterscheiden, spiegelt die Tabelle der Nadelzahlen hauptsächlich die bereits gezeigten Verhältnisse bei den Nadelmassen wieder. Eine Ausnahme macht lediglich die Fläche 05 Flossenbürg. Während Schadklasse 0 die höchsten Werte für die Nadelmassen aufweist, tut dies bei den Nadelzahlen die Schadklasse 1. Zurückzuführen ist dies auf die niedrigeren Hundertnadelgewichte der Schadklasse 1 gegenüber der Schadklasse 0.

Probestfläche	S K 0			S K 1			S K 2			S K 3		
	SNBaum (Tsd)	VK	n	SNBaum (Tsd)	VK	n	SNBaum (Tsd)	VK	n	SNBaum (Tsd)	VK	n
02 Nationalpark	1166	0,27	5	853	0,52	5	708	0,44	4	425	0,74	5
03 Nationalpark	798	0,52	5	1108	0,15	3	829	0,05	2	-	-	-
04 Wunsiedel	821	0,45	5	445	0,57	3	673	0,57	3	678	0,60	5
05 Flossenbürg	228	0,52	5	258	0,35	5	77	-	1	-	-	-
06 Zwiesel	704	0,49	5	394	0,57	5	254	0,33	5	321	0,20	3

Tab.34: Durchschnittl. Nadelzahl pro Baum (SNBaum) für jede Fläche, getrennt nach Schadklassen (SK) (VK= Variationskoeffizient, n= Stichprobenzahl)

Die meisten Nadeln, nämlich 1,1 Millionen, tragen die Bäume der Schadklasse 0 der Fläche 02 Nationalpark und die Bäume der Schadklasse 1 der Fläche 03 Nationalpark. Die niedrigsten Nadelzahlen finden sich naturgemäß bei den Probestbäumen des jüngsten Bestandes 05 Flossenbürg. Der Baum der Schadklasse 2 hält mit 77000 die wenigsten Nadeln aller untersuchten Probestbäume (vgl. Tab.26).

Zur Beurteilung von Schäden ist das Kriterium Nadelzahl pro Baum schon deshalb nicht geeignet, weil es hauptsächlich von der Baumgröße abhängt.

7.2.7 Das Verhältnis von Nadelmasse zu Astgewicht

In den bisher vorgestellten Ergebnissen der Nadel- und Astgewichte deuten sich allenfalls auf einigen Flächen Unterschiede zwischen den Probestämmen der einzelnen Schadklassen an. Ob diese Unterschiede aber tatsächlich waldschadensbedingt, oder nur auf die ungleichen Dimensionen der Probestämme zurückzuführen sind, soll in diesem Abschnitt näher untersucht werden. Ein mögliches Vitalitätskriterium ist der Quotient aus Gesamtnadelgewicht und Gesamtastgewicht. Es wird also nicht, wie bisher, das absolute Nadelgewicht betrachtet, sondern dieses zu einer Bezugsgröße (Dimensionsgröße), dem Astgewicht, ins Verhältnis gesetzt. Damit ist eine bessere Vergleichbarkeit der Schadklassen gewährleistet. Bezogen auf eine Einheit Astgewicht müßte mit zunehmender Schadklasse und damit zunehmendem Nadelverlust das Nadelgewicht abnehmen. Abb.28 zeigt die mittleren Nadelgewichte pro Einheit Astgewicht für jede Fläche getrennt nach Schadklassen. Eindeutige Ergebnisse liefern die Flächen 02 Nationalpark und 04 Wunsiedel. Mit zunehmender Schadklasse wird der Quotient Nadelgewicht zu Astgewicht immer geringer. Während in Schadklasse 0 im Durchschnitt auf 1g Ast noch 1g bzw. 0,8g Nadeln kommen, sind es in Schadklasse 3 nur noch 0,5g bzw. 0,4g. Bedenkt man, daß auf der Fläche 02 Nationalpark die Probestämme der Schadklasse 3 auch deutlich niedrigere Ast- und Nadelmassen als die gesunden Bäume aufweisen (s. 7.2.3 und 7.2.4), bei ansonsten ähnlichen Brusthöhendurchmessern und Höhen, so deutet dieses Ergebnis auf eine bereits seit mehreren Jahren stattfindende Entnadelung der stark erkrankten Probestämme hin, die sich negativ auf das Kronenwachstum ausgewirkt hat. Denn nur so sind die auffällig geringeren Astlängen und Astgewichte der Probestämme der Schadklasse 3 gegenüber denen der Schadklasse 0 zu erklären. Bestätigt wird dieser Befund durch die Ergebnisse aus den Stammanalysen, die für den Volumenzuwachs der Schadklasse 3 einen seit mehreren Jahren rückläufigen Trend aufzeigen (s. 7.1.2). Auf der Fläche 04 Wunsiedel hingegen deuten die niedrigen Quotienten zwischen Nadel- und Astmasse der Schadklassen 2 und 3 verbunden mit den hohen Astgewichten auf eine erst in jüngster Zeit erfolgte Entnadelung der Probestämme dieser Schadklassen hin, so daß sich die Schädigung noch nicht auf das Astwachstum ausgewirkt hat.

Weniger ausgeprägt, in der Tendenz aber dennoch zu erkennen, sind die Unterschiede auf den Flächen 05 Flossenbürg und 06 Zwiesel. Die etwas niedrigeren Quotienten zwischen Nadel- und Astmasse der Schadklassen 2 und 3 gegenüber denen der Schadklassen 0 und 1 sind somit Ausdruck eines geringfügigen Nadelverlustes der Probestämme auf diesen Flächen.

Keine gerichteten Unterschiede sind auf der Fläche 03 Nationalpark zu erkennen. Es zeigt sich vielmehr das gleiche Bild, das wir schon von den Einzelbetrachtungen von Ast- und Nadelgewicht her kennen. Dies führt zu der Vermutung, daß die unterschiedlichen Quotienten von Nadel- zu Astmasse der Schadklassen rein dimensionsbedingt sind. Dies kann zweierlei bedeuten:

1. Die Schadklassenansprache vor Ort war unzutreffend und es wurden somit falsche Probeebäume ausgewählt. Dagegen sprechen aber die eindeutigen Befunde auf den Flächen 02 Nationalpark und 04 Wunsiedel.
2. Die ausgewählten Probeebäume weisen keine oder nur geringe Nadelverluste auf. Ihre Einteilung in Schadklassen erfolgte hauptsächlich aufgrund stärkerer Nadelvergilbungen. Dies trifft tatsächlich auf die Probeebäume der Flächen 03 Nationalpark und 05 Flossenbürg zu, auf denen keine Bäume der Schadklasse 3 vertreten waren. Auch auf der Fläche 06 Zwiesel waren es vor allem Nadelvergilbungen, die zur Zuordnung nach Schadklassen führten. Nur stark erkrankte Bäume mußten ja, um als solche eingestuft zu werden, auch immer Nadelverluste aufweisen.

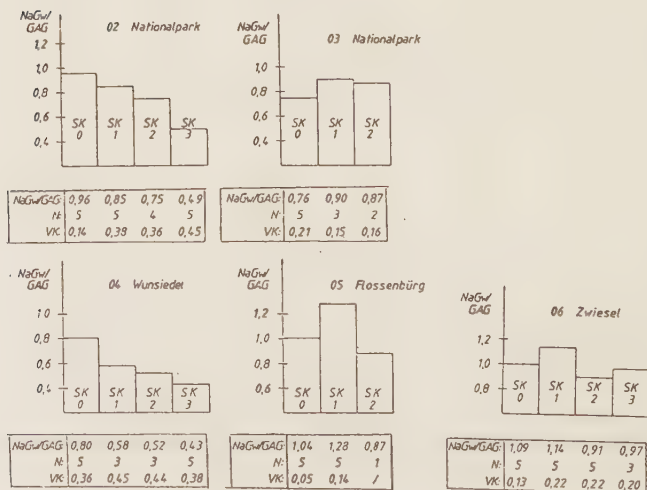


Abb. 28: Mittleres Nadelgewicht pro Einheit Astgewicht (NaGw/GAG) für jede Fläche, getrennt nach Schadklassen (SK).
(VK = Variationskoeffizient, n = Stichprobenumfang)

7.2.8 Die Anzahl der Nadeln pro lfd. cm Ast

Als weiteres Vitalitätskriterium kann die Anzahl der Nadeln je lfd. cm Ast betrachtet werden. In diesem Quotienten ist indirekt auch das Hundertnadelgewicht berücksichtigt (s. 7.2.5). In Kapitel 7.2.4 wurde gezeigt, daß sich die Schadklassen bezüglich der Hundertnadelgewichte nur wenig voneinander unterscheiden. Das Kriterium mittlere Anzahl der Nadeln pro lfd. cm Ast der Schadklassen, dargestellt in Abb.29, zeigen daher erwartungsgemäß dasselbe Bild wie das Verhältnis von Nadelgewicht zu Astgewicht. Die hohe Anzahl der Nadeln pro cm Ast (zwischen 58 und 203) mag etwas verwundern. Sie erklärt sich folgendermaßen: Die für die Berechnung des Verhältnisses zwischen Nadelgewicht und Astlänge herangezogene Nadelmasse umfasst alle Nadeln der Probestämme, also auch die der Äste zweiter und höherer Ordnung. Die Gesamtlänge der Probestämme hingegen bezieht sich lediglich auf die Hauptachsenlänge der Äste erster Ordnung.

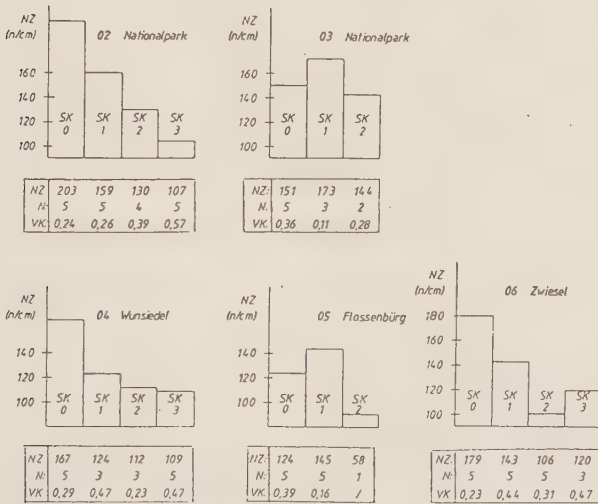


Abb.29: Durchschnittliche Anzahl der Nadel pro cm Ast (NZ)
für jede Fläche, getrennt nach Schadklassen (SK).
(VK = Variationskoeffizient, n = Stichprobenumfang)

7.2.9 Volumenzuwachs und Nadelmasse

Betrachtet man den mittleren Volumenzuwachs im Jahre 1984 pro 1000g Nadeln, so ergibt sich ein überraschendes Bild für die Fläche 02 Nationalpark (Abb.30). Mit zunehmendem Schädigungsgrad steigen auch die Zuwächse pro 1000g Nadeln deutlich an. Der Gesamtzuwachs geht zwar infolge des Nadelverlustes bei stark geschädigten Bäumen zurück, diese leisten jedoch bei vergleichbaren Nadelmengen einen höheren Zuwachs. Zu denselben Erkenntnissen kamen PRETZSCH (1985) bei seiner Untersuchung an Kiefern sowie BLOCH (1985) an Jungfichten im Fichtelgebirge. Ein Teil des Nadelverlustes wird offenbar von geschädigten Bäumen durch eine Steigerung der Assimilationsleistung der verbleibenden Nadelmasse kompensiert. Ein Effekt, den LADEFOGET und BURGER (1946) bei der Grünastung von Fichten bereits beobachten konnten. Bei den abgestoßenen Nadeln handelt es sich in erster Linie um Schattennadeln, also Nadeln aus dem unteren Kronendrittel und aus dem Kronenkern. Diese tragen mit ihrer geringen Nettoassimilationsleistung zu einer Verringerung der Effizienz der Gesamtnadelmasse bei. Bei der Leistungssteigerung der verbleibenden Nadeln stark geschädigter Bäume handelt es sich also in Wirklichkeit um das von den Schattennadeln bereinigte tatsächliche Leistungsvermögen der verbleibenden Nadelmasse. Die hier geschilderten Abläufe könnten eine Erklärung für ein in der Waldschadensforschung immer wieder auftauchendes Phänomen sein: Bäume mit geringen bis mittleren Nadelverlusten zeigen meist keinerlei Zuwachsrückgänge. Sie können sogar mehr leisten als gesunde Bäume.

Nicht ganz so klar liegen die Verhältnisse auf der Fläche 04 Wunsiedel. Die Bäume der Schadklasse 1 leisten bezogen auf 1000 g Nadeln etwas mehr Zuwachs als die Schadklassen 2 und 3. Alle drei Schadklassen jedoch weisen sehr ähnliche Werte auf und liegen deutlich über der Schadklasse 0. Die Unterschiede zwischen der Schadklasse 0 und den übrigen bestätigen die Ergebnisse, die wir im Kapitel 7.2.7 gefunden haben, und könnten demnach schadensbedingt sein. Die geringen Unterschiede zwischen den Schadklassen 1,2 und 3 hingegen, dürften auf Dimensionsunterschieden beruhen.

Ähnliche Tendenzen zeigt auch die Fläche 06 Zwiesel. Auch hier leisten die als krank eingestuft Bäume höhere Zuwächse pro kg Nadelmasse als die gesunden, ohne jedoch diese eindeutige Staffelung nach Schadklassen aufzuzeigen.

Die übrigen beiden Flächen 03 Nationalpark und 05 Flossenbürg hingegen lassen keine gerichtete Abstufung nach Schadklassen erkennen.

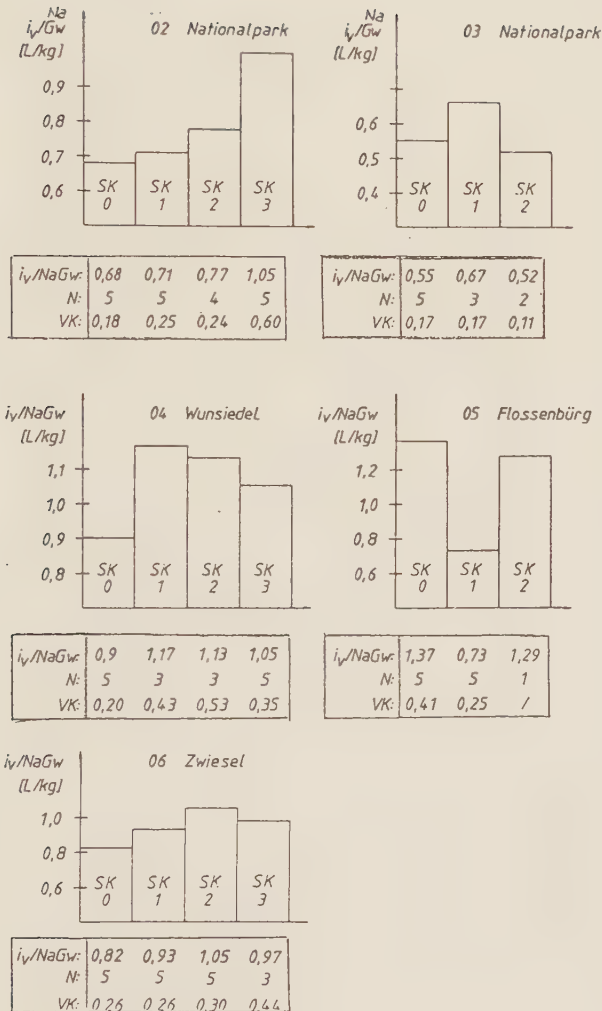


Abb.30: Volumenzuwachs pro kg Nadelmasse ($i_v/NaGw$) für jede Fläche, getrennt nach Schadklassen (SK)
(VK = Variationskoeffizient, n = Stichprobenumfang)

7.3 Ergebnisse der Kronenanalyse

In der Auseinandersetzung um Licht und Standraum in einem Bestand können die Kronen der Waldbäume auch als deren Kampfinstrumente bezeichnet werden. Auf die Kronenform und deren Entwicklung hat neben dem Genotyp und dem Ernährungszustand vor allem die soziale Stellung des Baumes entscheidenden Einfluß. Wegweisende Arbeiten zur Morphologie der Fichtenkrone stammen von BURGER (1936) und ASSMANN (1961). ASSMANN betont, daß sich in den *L i c h t k r o n e n* herrschender junger Nadelbäume (bei der Fichte bis etwa zu Baumhöhen von 18m und Kronenbreiten von 4m) noch kein nadelfreier Kronenkern gebildet hat, vielmehr die gesamte Lichtkrone noch voll benadelt ist. In jüngster Zeit gewinnen die Kronenkenngrößen im Zuge der Waldschadensforschung zunehmend an Bedeutung. Die widersprüchlichen Ergebnisse bei Einzelbäumen zwischen Volumenzuwachs und Kronenschädigung (vgl. SCHWEINGRUBER et al. 1983, RÖHLE 1985, KRAMER 1986) führten zu detaillierten Analysen von Probestämmen. Hierbei konnten KRAMER (1986), sowie ATHARI und KRAMER (1983) nachweisen, daß diese z.T. widersprüchlichen Zuwachsergebnisse durch Einbeziehen der Kronenmantelflächen der Bäume in die Betrachtung erklärbar werden. Die beiden Autoren fanden eine ziemlich straffe Korrelation zwischen dem (relativen) Volumenzuwachs je Einheit Kronenmantelfläche und dem Nadelverlust. Die Kronenmantelfläche dient ihnen also als Bezugsgröße für den jährlichen Volumenzuwachs, mit deren Hilfe unterschiedliche Kronendimensionen vergleichbar gemacht werden können. Aus diesem Beispiel wird deutlich, daß die genaue Kenntnis der Kronenmorphologie der eigenen Probestämme für die Interpretation der Zuwachsanalyse unumgänglich ist. Abb.31 zeigt am Modell einer Fichtenkrone (nach ASSMANN 1961) die charakteristischen Kronenkennwerte.

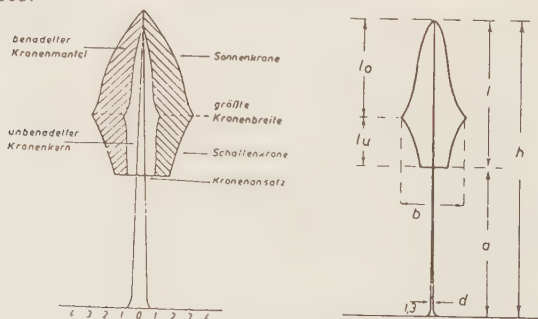


Abb.31:Modell einer Fichtenkrone und deren Kennmaße nach ASSMANN (1961)

In Tab.36 sind die Mittelwerte der Kronenkenngrößen, getrennt nach Schadklassen einander gegenübergestellt. Die entsprechenden Kronenparameter für die Einzelbäume sind in Tab.35 aufgelistet.

FL	BNR	SK	LIK	SPR	PLG	SFLQU	KMF (qm)
2	419	0	100	40	50	332	18.61
2	453	0	90	52	62	512	22.95
2	463	0	75	46	58	864	23.26
2	464	0	100	60	74	568	32.27
2	545	0	100	48	54	572	23.74
2	418	1	83	58	82	812	17.31
2	447	1	68	54	64	552	35.09
2	467	1	100	44	54	568	12.54
2	538	1	74	48	58	680	27.17
2	547	1	85	36	44	468	23.00
2	428	2	77	60	70	504	15.60
2	452	2	76	38	48	540	30.22
2	468	2	100	62	90	768	11.76
2	522	2	91	44	54	512	22.18
2	431	3	100	34	76	420	7.49
2	481	3	100	62	84	956	10.01
2	528	3	76	44	60	384	10.52
2	536	3	64	56	68	684	19.20
2	539	3	100	46	56	512	18.11

FL	BNR	SK	LIK	SPR	PLG	SFLQU	KMF (qm)
3	308	0	87	58	70	760	19.83
3	320	0	100	58	70	912	18.26
3	322	0	100	56	70	1344	15.26
3	323	0	100	82	114	1600	19.22
3	333	0	100	66	82	1072	19.46
3	318	1	68	48	60	692	26.64
3	319	1	89	56	64	820	34.97
3	325	1	90	40	48	740	26.92
3	326	2	100	46	62	496	19.47
3	329	2	63	50	58	936	25.83

FL	BNR	SK	LIK	SPR	PLG	SFLQU	KMF (qm)
4	401	0	84	62	66	1484	20.92
4	415	0	90	62	72	1156	21.95
4	421	0	100	44	58	700	17.54
4	430	0	72	48	64	1108	23.76
4	484	0	94	52	72	1416	13.62
4	422	1	94	50	66	960	19.15
4	437	1	71	42	66	1212	11.95
4	478	1	81	44	62	1412	11.65
4	402	2	85	50	58	1092	36.92
4	410	2	79	54	78	904	38.82
4	467	2	100	72	96	3272	5.61
4	417	3	36	38	56	688	28.27
4	423	3	77	46	78	824	21.20
4	433	3	100	58	64	1436	31.48
4	459	3	100	54	78	1140	6.88
4	460	3	75	62	76	1268	32.00

FL	BNR	SK	LIK	SPR	PLG	SFLQU	KMF (qm)
5	325	0	98	68	78	900	9.46
5	371	0	96	54	58	1384	9.03
5	375	0	90	64	70	1912	9.27
5	386	0	100	76	82	3696	13.55
5	388	0	73	66	72	2136	9.04
5	310	1	100	52	58	3152	7.39
5	330	1	100	80	94	2136	4.27
5	332	1	94	66	74	2944	6.16
5	344	1	100	58	68	1052	8.08
5	349	1	100	70	78	212	7.27
5	312	2	100	56	60	980	5.24

Tab.35a: Kronenkenngrößen der Einzelbäume für die Probeflächen
02/03 Nationalpark, 04 Wunsiedel und 05 Flossenbürg

FL	BNR	SK	LIK	SPR	PLC	SFLQU	KMF (qm)
6	334	0	91	52	62	1580	11.18
6	335	0	92	72	82	3940	14.57
6	339	0	100	66	70	3136	10.65
6	360	0	100	74	74	1028	17.66
6	363	0	86	76	80	2736	12.94
6	353	1	97	54	60	3356	10.24
6	354	1	62	46	60	1556	7.98
6	369	1	92	60	76	2628	14.02
6	383	1	78	54	66	1696	9.10
6	386	1	77	70	82	2896	11.80
6	301	2	95	66	82	3248	12.51
6	302	2	71	50	60	1276	12.42
6	365	2	97	50	72	1388	6.80
6	370	2	68	56	66	2336	8.17
6	385	2	97	44	68	1260	8.54
6	356	3	89	52	66	1636	12.81
6	387	3	87	62	64	3520	11.40
6	388	3	85	56	70	3716	7.94

Tab.35: Kronenkenngrößen der Probebäume

LIK = Lichtkronenanteil SFLQU = Schirmflächenquotient
 SPR = Sproitungsgrad KMF = Kronenmantelfläche
 PLC = Plumpheitsgrad

Probefläche	SK	Bekronungs- grad l/h	VK	Licht- kronen- anteil lo/l	VK	Sproi- tungs- grad b/h	VK	Plump- heits- grad b/l	VK	Schirm- flächen- quotient b2/d2	VK	N
02 Nationalpark	0	0,83	0,08	0,93	0,12	0,50	0,15	0,60	0,15	570	0,34	5
	1	0,81	0,08	0,82	0,15	0,48	0,18	0,60	0,23	616	0,22	5
	2	0,79	0,10	0,86	0,13	0,51	0,23	0,65	0,29	580	0,22	4
	3	0,71	0,20	0,88	0,19	0,48	0,22	0,69	0,17	590	0,40	5
03 Nationalpark	0	0,79	0,06	0,97	0,06	0,64	0,17	0,81	0,23	937	0,30	5
	1	0,84	0,08	0,82	0,15	0,48	0,17	0,59	0,14	750	0,09	3
	2	0,82	0,10	0,82	0,32	0,48	0,06	0,60	0,05	716	0,43	2
	3	0,80	0,12	0,88	0,12	0,53	0,15	0,66	0,09	1172	0,26	5
04 Wunsiedel	0	0,71	0,11	0,82	0,14	0,45	0,09	0,65	0,04	1196	0,19	3
	2	0,77	0,12	0,88	0,12	0,58	0,20	0,75	0,25	1756	0,75	3
	3	0,72	0,18	0,78	0,34	0,52	0,19	0,70	0,14	1072	0,29	5
	3	0,72	0,18	0,78	0,34	0,52	0,19	0,70	0,14	1072	0,29	5
05 Hossenbürg	0	0,92	0,03	0,91	0,12	0,65	0,12	0,72	0,13	2604	0,53	5
	1	0,88	0,02	0,99	0,03	0,65	0,17	0,74	0,18	1900	0,66	5
	2	0,90	-	1,00	-	0,56	-	0,60	-	980	-	1
	3	0,92	0,06	0,94	0,06	0,68	0,14	0,73	0,11	2485	0,47	5
06 Zwiesel	0	0,83	0,05	0,81	0,17	0,59	0,16	0,69	0,14	2426	0,32	5
	2	0,77	0,11	0,86	0,17	0,53	0,16	0,69	0,12	1900	0,46	5
	3	0,85	0,12	0,87	0,02	0,57	0,09	0,67	0,05	2956	0,39	3
	3	0,85	0,12	0,87	0,02	0,57	0,09	0,67	0,05	2956	0,39	3

Tab.36: Schadklassenmittelwerte der Kronenkenngrößen - getrennt nach Probeflächen
 (SK= Schadklasse, VK= Variationskoeffizient, N= Stichprobenzahl)

1) Bekronungsgrad: l/h

Der Bekronungsgrad gibt den Anteil der Kronenlänge an der Gesamtlänge eines Baumes an. Die Einzelbaumwerte streuen zwischen 0,45 und 0,98, Die Schadklassenmittelwerte der Probebäume zwischen 0,71 und 0,92. Sie weisen innerhalb einer Probefläche nur geringe Unterschiede auf. Eine schadklassenspezifische Tendenz ist nur auf der Fläche 02 Nationalpark zu erkennen: Je höher der Schädigungsgrad desto niedriger der Bekronungsgrad. Grund hierfür ist von unten beginnende Entnadelung die zu höheren Kronenansätzen führt (s.Tab.16).

2) Lichtkronenanteil: lo/l

Die Lichtkronenanteile sind entsprechend dem jungen Alter der Probebäume, ihrer sozialen Position und deren spezifischer Kronenform sehr hoch. Die Werte schwanken für alle Flächen zwischen 0,7 und 0,95. Eine schadklassenspezifische Tendenz zeichnet sich auf keiner Fläche ab.

3) Spreitungsgrad: b/h

Der Spreitungsgrad beschreibt das Verhältnis von Kronenbreite zu Baumhöhe. Die Einzelbaumwerte liegen in einem Rahmen von 0,34 bis 0,82. Die Schadklassenmittelwerte variieren zwischen 0,44 und 0,67. Die Werte innerhalb der einzelnen Flächen liegen sehr ähnlich und lassen keine gerichteten Unterschiede erkennen.

4) Plumpheitsgrad: b/l

Der Plumpheitsgrad bezeichnet das Verhältnis von Kronenbreite zu Kronenlänge. Die Einzelbäume erreichen Werte zwischen 0,48 und 0,95. Die Mittelwerte der Schadklassen streuen von 0,53 bis 0,81. Unterschiede zwischen den Schadklassen innerhalb der einzelnen Flächen sind nur auf Fläche 02 Nationalpark auszumachen. Mit zunehmendem Schädigungsgrad steigen auch die Plumpheitsgrade an. Die Erklärung hierfür liefert der Bekronungsgrad, der, wie wir gesehen haben, mit zunehmender Schadklasse abnimmt. Die stärker geschädigten Bäume besitzen nämlich nicht etwa besonders breite und damit plumpe Kronen, sondern nur verhältnismäßig kurze.

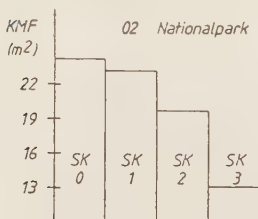
5) Schirmflächenquotient b^2/d^2

Der Schirmflächenquotient ist das Verhältnis von quadrierter Kronenbreite zu quadriertem BHD. Er gibt an, um wieviel mal die Kronengrundfläche größer ist als die Schaftgrundfläche. Die Schirmflächen unserer Probestämme liegen in einem Bereich von 212 bis 3940 (vgl. Tab.35). Die Schadklassenmittelwerte reichen von 570 bis 2956 und sind innerhalb einer Fläche sehr ähnlich. Es wird deutlich, daß der Schirmflächenquotient der einzelnen Flächen stark abhängig ist vom Bestandesalter. Je jünger unser Probestand, desto höher die berechneten Werte. Dies ist darauf zurückzuführen daß in den jüngsten Beständen, zunächst das Wachstum der Krone gefördert wird. Mit zunehmendem Bestandesalter aber rückt das Durchmesserwachstum gegenüber dem Kronenwachstum relativ stärker in den Vordergrund. Gravierende Unterschiede zwischen den Schadklassen innerhalb einer Fläche sind nicht feststellbar.

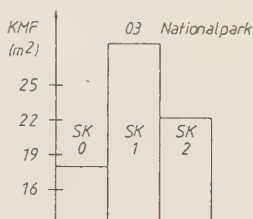
7.3.1 Die Kronenmantelfläche

Wie eingangs erwähnt, gewinnt die Kronenmantelfläche zur vergleichenden Beurteilung der Zuwächse unterschiedlich stark geschädigter Bäume in der Waldschadensforschung zunehmend an Bedeutung. Deshalb soll hier etwas näher auf diese Größe eingegangen werden. Die Probestämme weisen Kronenmantelflächen zwischen 5,2qm und 38,8qm auf (Tab.35). Je älter und höher ein Bestand, desto größer erwartungsgemäß die Kronenmantelfläche seiner Bäume.

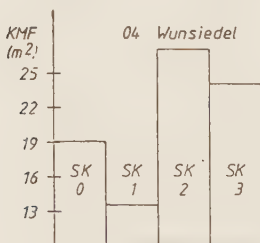
Wie sich die Schadklassenmittelwerte innerhalb der einzelnen Flächen zueinander verhalten, zeigt Abb.32. Für alle Flächen zeigt sich nahezu dasselbe Bild, wie wir es schon für Astlängen, Nadelgewichte und Astgewichte gefunden haben. Dies erklärt sich daraus, daß für die Größe der Kronenmantelfläche eines Baumes dessen Astlängen und Kronenansatzhöhe entscheidend sind (vgl. 6.7.3 EDV-Programm KRÖNE).



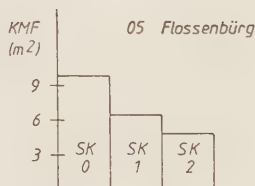
KMF:	24,2	23,0	19,9	13,2
N:	5	5	4	5
VK:	0,21	0,38	0,41	0,41



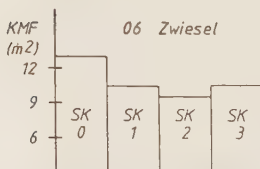
KMF:	18,4	29,5	22,6
N:	5	3	2
VK:	0,10	0,16	0,20



KMF:	19,6	14,3	27,1	23,9
N:	5	3	3	5
VK:	0,21	0,30	0,69	0,44



KMF:	10,1	6,6	5,2
N:	5	5	1
VK:	0,19	0,22	/



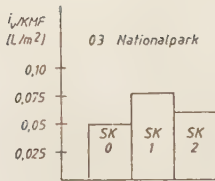
KMF:	13,4	10,6	9,7	10,7
N:	5	5	5	3
VK:	0,21	0,22	0,27	0,23

Abb.32: Mittlere Kronenmantelflächen (KMF)
getrennt nach Schadklassen (SK)

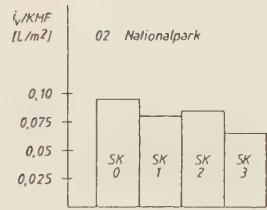
7.3.2. Volumenzuwachs und Kronenmantelfläche

KRAMER (1986) bezieht den jährlichen Volumenzuwachs eines Baumes auf seine Kronenmantelfläche, um somit Bäume unterschiedlicher Dimension besser miteinander vergleichen zu können. In Abb.33 ist der mittlere Volumenzuwachs im Jahre 1984 pro qm Kronenmantelfläche, getrennt nach Schadklassen, dargestellt. Es zeigt sich eine deutliche Abstufung nach Schadklassen auf den Flächen 04 Wunsiedel, 05 Flossenbürg und 06 Zwiesel. Mit zunehmender Schadklasse sinkt der Volumenzuwachs pro qm Kronenmantelfläche der Probestämme auf diesen Flächen, wenn auch nicht sehr ausgeprägt.

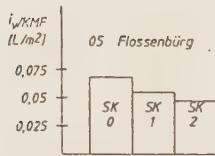
Anders hingegen stellt sich die Situation auf der Fläche 03 Nationalpark dar. Den höchsten Volumenzuwachs pro qm Kronenmantelfläche leisten die Bäume der Schadklasse 1, gefolgt von denen der Schadklasse 2 und denen der Schadklasse 0. Ganz unerwartet präsentiert sich die Fläche 02 Nationalpark. Die für alle anderen Kriterien stets präsente deutliche Abstufung nach Schadklassen ist allenfalls andeutungsweise wiederzufinden. Schadklasse 3 leistet den niedrigsten Zuwachs pro qm Kronenmantelfläche, Schadklasse 2 jedoch nahezu denselben wie Schadklasse 0 und damit einen deutlich höheren als Schadklasse 1. Am Beispiel dieser Fläche sei etwas näher auf das Problem der Kronenmantelfläche eingegangen. Folgt man der Idee von KRAMER (1986), so ist die Kronenmantelfläche eine geeignete Größe zur Ausschaltung unterschiedlicher Baumdimensionen. Konsequenterweise ist die Kronenmantelfläche dann als Kovariate zu betrachten, deren Einfluß auf den Volumenzuwachs mit Hilfe der Kovarianzanalyse herausgerechnet werden kann. Dies setzt jedoch voraus, daß die Kovariate (Kronenmantelfläche) unbeeinflusst von der Art der Behandlung (Schadigungsgrad) ist. Genau diese Bedingung ist aber auf dieser Fläche nicht gegeben. Wie bereits im Ergebnisteil der Biomasseanalyse gezeigt wurde, liegt eine Schädigung der kranken Bäume auf dieser Fläche schon seit längerer Zeit vor (vgl. 7.2.7). Diese führte nicht nur zu einem Rückgang des Schaftholzzuwachses, sondern auch zu reduziertem Kronenwachstum und damit zu kleineren Kronenmantelflächen. Obwohl, wie eben dargestellt, statistisch nicht zulässig, wurde für diese Fläche eine Kovarianzanalyse durchgeführt. Das Ergebnis, dargestellt in Abb.34, überrascht nach dem gesagten nicht. Die Schadklassen unterscheiden sich nur wenig voneinander und leisten somit pro Bezugseinheit Kronenmantelfläche nahezu dieselben Zuwächse. So wichtig die genaue Kenntnis der Kronenmantelfläche für die Interpretation des Zuwachses ist, so vorsichtig muß man mit ihrer Verwendung als Bezugsgröße sein. Als Kovariate sollte die Kronenmantelfläche nur dann herangezogen werden, wenn die Schädigung nicht länger als 1,2 maximal 3 Jahre zurückliegt und sich deshalb noch nicht wesentlich auf das Kronenwachstum ausgewirkt hat.



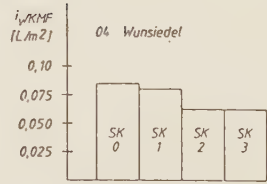
i_w/KMF :	0,050	0,079	0,059
N:	5	3	2
VK:	0,32	0,09	0,44



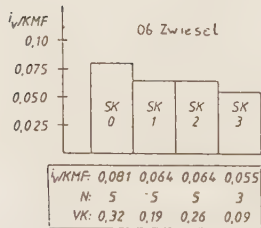
i_w/KMF :	0,095	0,079	0,090	0,066
N:	5	5	4	5
VK:	0,23	0,10	0,23	0,21



i_w/KMF :	0,068	0,054	0,045
N:	5	5	1
VK:	0,18	0,47	1



i_w/KMF :	0,088	0,081	0,063	0,063
N:	5	3	3	5
VK:	0,23	0,42	0,35	0,63



i_w/KMF :	0,081	0,064	0,064	0,055
N:	5	5	5	3
VK:	0,32	0,19	0,26	0,09

Abb.33: Durchschnittliche Volumenzuwächse pro Einheit Kronenmantelfläche (i_w/KMF in l/qm) getrennt nach Schadklassen(SK)

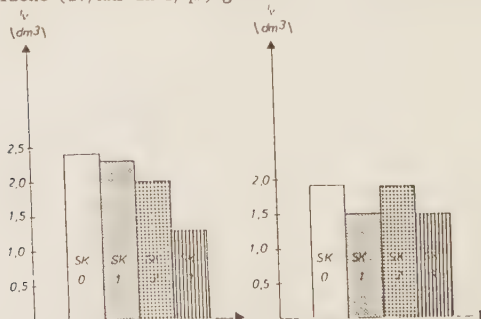


Abb.34: Volumenzuwachs kovarianzanalytisch mit der Kronenmantelfläche ausgeglichen, dargestellt am Beispiel der Fläche 02 Nationalpark

7.4. Ergebnisse der Nadelanalyse

In den sechs Untersuchungsbeständen wurden halb- und eineinhalbjährige Nadeln auf ihren Gehalt an vierzehn wichtigen Elementen hin untersucht. Für die Interpretation der Elementgehalte wurden die Richtwerte nach REHFUESS und KREUTZER (1982, unveröffentlicht) herangezogen (Tab.38). Aus zahlreichen Untersuchungen wissen wir, daß die Nährelementgehalte von Schwefel, Calcium, Natrium und Aluminium mit zunehmendem Nadelalter ansteigen, und die der übrigen untersuchten Elemente abnehmen (REENTSMA 1964, GUDERIAN und VAN HAUT 1970). Unsere Analysen führten i.d.R. zu denselben Resultaten (vgl. Tab.39).

In der Literatur finden wir bisher keine einheitlichen Rahmenwerte für die Versorgung, bzw. Belastung unserer Waldbäume mit bestimmten Elementen. Welche Konzentrationen z.B. eine Belastung mit Schwefel darstellen, wird von vielen Fachleuten unterschiedlich beurteilt (s. Tab.37).

>1100 ppm	nach GUDERIAN	Tab.37: Unterschiedliche Grenzwerte
>1200 ppm	nach STEPHAN	für die Belastung mit
>1200 ppm	nach REHFUESS	Schwefel, nach EVERS (1986),
>1400 ppm	nach RUDOLPH	verändert
>1600 ppm	nach WENTZEL	

Versorgung	N ppt	P ppt	K ppt	Ca ppt	Mg ppt	Na ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm
sehr gut	=	=	>7	=	>1,4	>70			>30	=
gut	>14	>1,3	>5	4-7	>0,8	7-70	>60	>270	>30	3-7
Mangel	<14	<1,3	<4	<1	<0,8	-	<15	<15	<10	<2

Belastung	S ppt	Al ppt	Fe ppt	Zn ppt	Cu ppt	Cl ppt
ohne	<800	<300	=	<60	<7	<700
geringe	>800	>300	=	>60	>7	>700
starke	>1200	>400	>680	>90	>10	>200

Tab.38: Grenzwerte für die Versorgung bzw Belastung mit Nähr- bzw. Schadelementen (zusammengestellt von E.REICHLER in Absprache REHFUESS und KREUTZER, 1982, unveröffentlicht)

Es sei darauf hingewiesen, daß diese Tabelle für Altbäume gilt. Entsprechende Richtwerte für Jungbäume konnten nicht gefunden werden. Nach WEHRMANN (1959) ist allerdings ein merklicher Einfluß des Baumalters bis zum Alter von 50 Jahren zu erwarten. Die nachfolgenden Ausführungen sind daher mit einer gewissen Vorsicht zu betrachten. (Es ist durchaus möglich, daß junge Bäume höhere Belastungen gewisser Elemente ertragen)

Die Nadelanalysen ergaben auf nahezu allen Flächen kritische Werte für Schwefel, Calcium und Magnesium, sowie für die Probeebäume der Fläche 01 Neureichenau eine leichte Belastung mit Aluminium. Mit allen übrigen Elementen waren unsere Probeebäume in der Regel gut versorgt, bzw. unbelastet (Tab.39) (Die Einzelbaumwerte können der Tabelle 59 im Anhang entnommen werden). Eine Abstufung nach Schadklassen liegt nicht vor.

Im Bestand 02 Nationalpark ist mit 6,5:1 ein überraschend gutes Verhältnis von Stickstoff zu Phosphor gegeben, daß noch deutlich unterhalb der Rahmenwerte von 8-10:1 nach REENTSMA (1964) liegt. Dies deutet auf eine gute Mineralisierung der Streu hin, was bei der Humusform (typischer Moder) dieses Standorts und dieser Höhenlage (1300m) nicht unbedingt zu erwarten war.

ELEMENT	01 Neureichenau		02 Nationalpark		03 Nationalpark		04 Wunsiedel		05 Flossenbürg		06 Zwiesel	
	84	85	83	84	83	84	83	84	83	84	83	84
S ppm	1227	1160	1310	1360	1400	1420	2080	1880	1570	1470	1190	1120
Cu ppm	2,7	2,6	2,6	2,9	2,8	3,3	3,2	3,5	2,5	3,3	2,2	2,5
Cl ppt	359	409	256	388	299	511	315	518	280	300	336	365
Fe ppm	68	50	50	38	51	43	96	69	65	57	71	53
Al ppt	214	225	113	63	98	75	150	90	181	110	234	131
Na ppm	6	6	5	5	5	6	32	14	5	4	6	6
Zn ppm	13	17	16	26	26	36	27	33	48	42	15	20
N ppt	14,2	14,5	14,8	14,9	15,1	14,9	16,0	17,1	12,2	14,1	11,4	11,7
Ca ppt	1,7	1,8	3,4	2,7	4,0	3,3	4,7	3,2	7,3	4,5	2,5	1,9
Mn ppm	0,42	0,48	0,41	0,36	0,38	0,34	0,40	0,29	0,34	0,27	1,02	0,72
P ppt	1,5	1,6	1,9	2,3	2,0	2,4	2,0	2,4	1,7	2,1	1,5	1,7
Mg ppt	0,25	0,31	0,41	0,61	0,59	0,80	0,56	0,69	0,44	0,64	0,31	0,44
K ppt	5,8	6,5	5,4	7,0	5,7	7,4	7,6	9,3	7,2	8,4	4,5	5,2

Tab.39: Mittlere Elementgehalte halb- und einheimjähriger Nadeln

Ähnliche Ergebnisse ergaben die Analysen für die Probeebäume des Bestandes 03 Nationalpark, was nicht weiter überrascht, da sie auf demselben Standort stocken. Noch höhere Stickstoffwerte zeigt der Bestand 04 Wunsiedel, die man zunächst auf atmosphärische Einträge zurückführen könnte. Da aber auch die Phosphorgehalte sehr hoch liegen, deutet einiges darauf hin, daß trotz der Rohhumusaufgabe die

Mineralisierung der Streu so schlecht nicht sein kann. Zurückzuführen ist dies auf die Auflösung des darüberstehenden Altbestandes und der damit verbundenen Erhöhung des Lichtangebots. Auch die vom zuständigen Forstamtsvertreter als N-Mangelstandort bezeichnete Probefläche 05 Flossenbürg (mündliche Mitteilung 1984), weist ausreichende Versorgung mit diesem Element auf. Eindeutiger Stickstoffmangel ist im Bestand 06 Zwiesel erkennbar. Dies überrascht umso mehr, als die Bäume keinerlei typische Mangelsymptome aufweisen, sondern vielmehr durch sattgrüne Nadeln gekennzeichnet sind. Das, zusammen mit einem erstaunlich hohen Phosphorgehalt, führt auch hier zu einem N:P Verhältnis von 6,8 zu 1.

Hohe Aluminiumkonzentrationen wurden auf der Fläche 01 Neureichenau festgestellt. Mit 310 mg/g Ts weisen die stark erkrankten Bäume mehr als doppelt so hohe Werte wie die gesunden auf und liegen damit bereits im Bereich geringer Belastung. Ansonsten erreicht dieses Element in keinem der übrigen Untersuchungsbestände die Belastungsgrenze. Ebenso wenig die Elemente Chlor, Kupfer, Zink und Eisen. Die Versorgung mit Kalium, Natrium und Mangan ist auf allen Flächen als ausreichend bis gut zu bezeichnen.

Mit Ausnahme der Fläche 06 Zwiesel liegen die Schwefelgehalte durchgehend so hoch, daß sie nur durch Immissionsbelastung erklärbar sind. Diese dürfte im Fichtelgebirge am stärksten sein. Die höheren Werte der gesunden Bäume (vgl. Tab.40) bestätigen die Ergebnisse anderer Untersuchungen. Nach GUDERIAN und VAN HAUT (1970) nämlich sind gesunde Nadeln physiologisch aktiver als kranke und somit länger in der Lage, Immissionen aufzunehmen. Die Calciumkonzentrationen lassen erkennen, daß nur die Fläche 05 Flossenbürg mit diesem Element gut versorgt ist. Alle übrigen Flächen signalisieren zwar keinen akuten Mangel, aber doch eine schlechte Versorgung, die mit zunehmendem Schädigungsgrad immer deutlicher wird. Die niedrigen Calciumwerte in den höheren Schadklassen bedingen keineswegs höhere Kaliumwerte und sind somit durch den Kalium-Calcium-Antagonismus nicht zu erklären.

Die Spiegelwerte für Magnesium zeigen auf allen Flächen eine deutliche Abstufung nach Schadklassen. Die Nadeln von Bäumen mit deutlichen Schadsymptomen unterschreiten überall die akute Mangelgrenze. Besonders ausgeprägt ist das auf der Fläche 05 Flossenbürg der Fall, auf der die gesunden Bäume noch gut mit Magnesium versorgt sind. Die Bäume des Bestandes 03 Nationalpark zeigen deutlich höhere Werte als die des Bestandes 02 Nationalpark. Dies überrascht zunächst, da beide Bestände auf demselben Standort stocken. Unterstellt man aber Auswaschungsprozesse in den Nadeln (LEACHING) wie etwa MIES und ZÖTTL (1985), so wären die höheren Werte der Fläche 03 Nationalpark durch den positiven Einfluß des Altholzschrims zu erklären. Dagegen aber sprechen die

hohen Kaliumwerte der Fläche 02 Nationalpark. Kalium ist wesentlich mobiler und nicht so fest in die Nadeln eingebunden, wie Magnesium und müßte daher Auswaschungsprozessen besonders unterliegen sein. Allerdings ist dabei auch wieder zu beachten, daß dieses Element im Boden stärker enthalten ist, so daß Auswaschungsverluste besser kompensiert werden können.

Element	SK	Wunsiedel		Zwiesel		Flossenbürg		Nationalpark				Neurichenau	
		83	84	83	84	83	84	Freifl. 83	84	Schirmfl. 83	84	Abt. Klausguf 84	85
Ca (ppt)	0	5,6	3,9	3,7	2,8	9,1	5,8	3,9	3,0	4,9	3,4	2,2	2,4
	1	4,9	3,4	2,2	1,8	5,8	3,4	3,0	2,5	2,9	3,2	1,9	2,2
	2	5,4	3,3	2,2	1,7	6,4	4,0	3,5	3,1	3,5	3,2	-	-
	3	3,2	2,3	1,4	0,8	-	-	3,2	2,4	-	-	1,5	1,5
Mg (ppt)	0	0,73	0,87	0,38	0,50	0,63	0,91	0,53	0,62	0,70	0,94	0,45	0,99
	1	0,60	0,72	0,27	0,51	0,36	0,53	0,42	0,67	0,54	0,63	0,28	0,54
	2	0,52	0,65	0,31	0,40	0,17	0,25	0,30	0,60	0,41	0,73	-	-
	3	0,38	0,52	0,23	0,30	-	-	0,34	0,54	-	-	0,17	0,37
K (ppt)	0	7,4	9,0	4,6	5,4	8,0	9,5	4,6	5,8	5,7	8,0	6,4	8,0
	1	6,0	8,7	4,2	5,4	6,5	7,6	5,4	7,4	6,1	7,0	5,2	6,1
	2	7,8	9,9	4,5	4,9	7,2	7,8	5,6	7,4	5,1	6,6	-	-
	3	7,7	9,7	5,0	5,0	-	-	5,9	7,7	-	-	6,2	6,4
Al (ppm)	0	134	72	265	152	169	117	92	65	86	58	259	146
	1	97	59	221	125	188	99	107	56	105	110	218	138
	2	175	107	211	110	197	112	131	64	119	65	-	-
	3	181	118	240	140	-	-	124	69	-	-	201	127
S (ppm)	0	2184	1880	1172	1240	1612	1624	1380	1414	1404	1420	1230	1200
	1	2056	1885	1150	1100	1494	1336	1282	1308	1430	1466	1213	1133
	2	2243	2043	1222	1075	1665	1435	1282	1347	1370	1350	-	-
	3	1878	1772	1216	1040	-	-	1286	1366	-	-	1238	1170

Tab.40: Mittlere Elementgehalte von halb- und einenhalbjährigen Nadeln an Calcium, Magnesium, Kalium, Aluminium und Schwefel - getrennt nach Schadklassen

Im folgenden soll überprüft werden, ob sich die Elementgehalte von Calcium, Magnesium, Schwefel, Aluminium und Kalium in den halbjährigen Nadeln der Schadklassen 0 und 3 statistisch signifikant unterscheiden. Da die Merkmale miteinander korreliert sein können (z.B. Calcium und Magnesium), ist ein einfacher T-Test zur Beantwortung dieser Fragestellung nicht zulässig. Es wurde daher das multivariate Verfahren der Diskriminanzanalyse angewandt (s. 7.2.1). Die Ergebnisse dieser Auswertung sind den Tabellen 41-46 zu entnehmen. (Für die Flächen 03 Nationalpark und 05 Flossenbürg wurde ein Vergleich zwischen den Schadklassen 0 und 2, bzw 0 und 1 durchgeführt, da Bäume der Schadklasse 3 nicht untersucht wurden).

Aus den F-Matrizen der Tabellen ist zu entnehmen, daß eine statistisch abgesicherte Unterscheidung zwischen den beiden Schadklassen mit Hilfe der errechneten Trennfunktion nur auf den Flächen 04 Wunsiedel, 05 Flossenbürg und 06 Zwiesel gelingt. Schwach signifikant ist die Trennung auf der Fläche 01 Neureichenau.

Die Wilks' Lambda Werte zur Beurteilung der Güte der Diskriminanzfunktionen nehmen für diese Flächen Werte zwischen 0,150 (06 Zwiesel) und 0,535 (05 Flossenbürg) an. Die Aufnahmereihenfolge der einzelnen Variablen in die Trennformel gibt die Bedeutung dieser Merkmale für die Unterscheidung der beiden Gruppen wieder. Demnach basiert die Trennung der beiden Kollektive hauptsächlich auf den unterschiedlichen Nährelementgehalten an Calcium und Magnesium der halbjährigen Nadeln. Für die Fläche 04 Wunsiedel macht sich darüber hinaus ein Einfluß von Aluminium bemerkbar.

Die für die beiden Flächen 04 Wunsiedel und 06 Zwiesel errechneten Diskriminanzfunktionen ordnen die einzelnen Bäume in allen Fällen der richtigen Schadklasse zu. Für die Fläche 05 Flossenbürg gelingt dies nur in 80% der Fälle (100% Schadklasse 0 und 60% Schadklasse 1). Auf den Flächen 02 und 03 Nationalpark ist, im Gegensatz zu den übrigen Flächen, das Nährelement Kalium für die Trennung der beiden Gruppen von vorrangiger Bedeutung. Eine statistisch abgesicherte Unterscheidung der beiden Schadklassen bewirken die ausgeschiedenen Funktionen aber nicht.

FAKTOREN			Wilks' Lambda	KLASSIFIZIERUNGSMATRIX			F-MATRIX (S _q) SK 0
b1	b2	b3		Prozent korrekt	zugeordnete Fälle pro Gruppe		
				SK 0 !	SK 3 !		
-8,80/3	0,0038	/	0,49	SK 0 100,0	5	0	
				SK 3 80,0	1	4	
						3,5 (-)	

Tab.41: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse für die Fläche 02 Nationalpark
 Diskriminanzfunktion: $SK = b1xK + b2xM$
 Gruppierungsvariable: Schadklasse (SK)
 Gruppeneinteilung: - gesund - SK 0
 - stark krank - SK 3
 Freiheitsgrade: 2 /

FAKTOREN			Wilks' Lambda	KLASSIFIZIERUNGSMATRIX zugeordnete Fälle			F-MATRIX (S _q) SK 0
b1	b2	b3		Prozent korrekt	pro Gruppe SK 0 ! SK 3 !		
9,9909	0,6131	/	0,35	SK 0 80,0	4	1	/
				SK 3 100,0	0	2	3,71(-)

Tab.42: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse für die Fläche 03 Nationalpark
 Diskriminanzfunktion: $SK = b1xK + b2xM$
 Gruppierungsvariable: Schadklasse (SK)
 Gruppeneinteilung: - gesund - SK 0
 - krank - SK 3
 Freiheitsgrade: 2 4

FAKTOREN			Wilks' lambda	KLASSIFIZIERUNGSMATRIX				F-MATRIX {Sq} SK 0
b1	b2	b3		Prozent korrekt	zugeordnete Fälle pro Gruppe			
0,0599	-27,078	0,0023	0,20	SK 0 100,0	5	0		/
				SK 3 100,0	0	5		7,96(*)

Tab.43: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse für die Fläche 04 Münsiedel
 Diskriminanzfunktion: $SK = b1xMq + b2xAl + b3xS$
 Gruppierungsvariable: Schadklasse (SK)
 Gruppeneinteilung: - gesund - SK 0
 - stark krank - SK 3
 Freiheitsgrade: 3 6

FAKTOREN			Wilks' lambda	KLASSIFIZIERUNGSMATRIX				F-MATRIX {Sq} SK 0
b1	b2	b3		Prozent korrekt	zugeordnete Fälle pro Gruppe			
0,6769	/	/	0,53	SK 0 100,0	5	0		/
				SK 3 60,0	2	3		6,93(*)

Tab.44: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse für die Fläche 05 flossenbürg
 Diskriminanzfunktion: $SK = b1xCa$
 Gruppierungsvariable: Schadklasse (SK)
 Gruppeneinteilung: - gesund - SK 0
 - krankenlauf - SK 1
 Freiheitsgrade: 1 8

FAKTOREN			Wilks' lambda	KLASSIFIZIERUNGSMATRIX				F-MATRIX {Sq} SK 0
b1	b2	b3		Prozent korrekt	zugeordnete Fälle pro Gruppe			
2,0668	/	/	0,15	SK 0 100,0	5	0		/
				SK 3 100,0	0	3		33,90(***)

Tab.45: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse für die Fläche 06 Zwisei
 Diskriminanzfunktion: $SK = b1xCa$
 Gruppierungsvariable: Schadklasse (SK)
 Gruppeneinteilung: - gesund - SK 0
 - stark krank - SK 3
 Freiheitsgrade: 1 6

FAKTOREN			Wilks' lambda	KLASSIFIZIERUNGSMATRIX				F-MATRIX {Sq} SK 0
b1	b2	b3		Prozent korrekt	zugeordnete Fälle pro Gruppe			
1,3908	3,2965	/	0,42	SK 0 75,0	3	1		/
				SK 3 75,0	1	3		3,39(-)

Tab.46: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse für die Fläche 01 Neureichenau
 Diskriminanzfunktion: $SK = b1xCa + b2xMq$
 Gruppierungsvariable: Schadklasse (SK)
 Gruppeneinteilung: - gesund - SK 0
 - stark krank - SK 3
 Freiheitsgrade: 2 5

Als Fazit bleibt festzuhalten: Die nadelanalytische Trennung zwischen den beiden Schadklassen beruht - auf den Flächen, wo sie denn überhaupt möglich ist - hauptsächlich auf den Nadelgehalten von Calcium und Magnesium. Auf bestimmten Standorten (02, 03 Nationalpark) scheint auch Kalium von einiger Bedeutung zu sein. Eine untergeordnete Rolle hingegen spielen nach dieser Berechnung die Elemente Schwefel und Aluminium.

Betrachtet man die Magnesiumkonzentration in Abhängigkeit vom Nadelalter (vgl. Tab.40), so fällt auf, daß der Jahrgang '84 immer mehr oder weniger deutlich höhere Spiegelwerte aufweist als der 83er. Nach REEMTSMA (1986) lassen sich aufgrund der Magnesiumkonzentrationen in den verschiedenen Jahrgängen des 7. Quirls drei charakteristische "Alterslinien" ausscheiden, deren Interpretation aus einer physiologischen Dynamik des Baumes abgeleitet wird.

1) Gute bis reichliche Versorgung

Die Magnesiumkonzentration ist weitgehend stabil in allen Jahrgängen. Der Spiegelwert einjähriger Nadeln beträgt bei REEMTSMA 1mg/g Trockenmasse. Für bayerische Verhältnisse und in Anbetracht des magnesiumarmen Ausgangsgesteins in unseren Probeständen, dürfte jedoch ein Basiswert von 0,8mg/g Trockenmasse(TM) realistischer sein. Eine optimale Ernährung nach REEMTSMA ist somit auf keiner unserer Flächen gegeben.

2) Mangelfreie Ernährung

Aufgrund eines altersbedingten Verdünnungseffektes (Nadelwachstum, Stoffeinlagerungen) fällt die Magnesiumkonzentration annähernd linear bis zum 6. Nadeljahrgang auf 70% des Basiswertes (0,8mg/g TM) des jüngsten Nadeljahrganges ab. Eine mangelfreie Ernährung scheint nur für die Bäume der Schadklasse 0 auf den Flächen 04 Wunsiedel und 03 Nationalpark vorzuliegen. Die Fläche 05 Flossenbürg weist zwar 1984 noch eine Magnesiumkonzentration von 0,91mg/g TM auf, die um ein Jahr älteren Nadeln aber nur noch eine solche von 0,63mg/g TM. Die Abnahme auf 70% des Basiswertes wird also bereits im darauffolgenden und nicht erst im fünften oder sechsten Nadeljahrgang erreicht.

3) zunehmende Mängel

REEMTSMA (1986) definiert drei anscheinend nacheinander auftretende Stadien:

- steiler Abfall der Magnesiumkonzentration von einjährigen zu zweijährigen Nadeln (Bäume der Schadklasse 0, Flächen 05 Flossenbürg und 01 Neureichenau)

- geringere Gehalte, unter 0,8mg/g TM, in den einjährigen Nadeln bei noch über der Vergilbungsschwelle von ca 0,3mg/g TM liegenden Werten der älteren Nadeln (Bäume der Schadklasse 0 auf den Flächen 02 Nationalpark, 01 Neureichenau und 06 Zwiesel)
- Unterschreiten der Vergilbungsschwelle von ca 0,3mg/g TM in älteren Nadeln (Bäume unterschiedlicher Schadklassen auf den Flächen 01 Neureichenau, 02 Nationalpark, 05 Flossenbürg und 06 Zwiesel)

Abschließend kann also festgehalten werden, daß auf keiner der Probenflächen Bäume mit optimaler Magnesiumversorgung vorzufinden sind. Lediglich absolut gesunde Bäume auf den Flächen 02 und 03 Nationalpark sowie 04 Wunsiedel zeigen eine mangelfreie Ernährung. Mit zunehmender Schadklasse wird jedoch auch auf diesen, wie auf allen anderen Flächen, zunehmende Unterversorgung deutlich, die unabhängig vom zum Teil geringen Nährstoffangebot des Standortes zu sein scheint.

8 Regressionsanalytische Betrachtungen zum Stammwachstum

In diesem Kapitel soll aufgezeigt werden, welche der bisher vorgestellten Baumparameter besonderen Einfluß auf den Zuwachs von Höhe und Volumen haben, wobei der lfd. Zuwachs des Jahres 1984 als Bezugsgröße gewählt wurde. Die untersuchten Variablen können in drei Gruppen eingeteilt werden.

- 1) Biomassedaten: Nadelgewicht, Astgewicht, Nadelzahl pro Baum
- 2) Kronenkenngößen: Kronenmantelfläche, Gesamtlänge, Benadelungsprozent
- 3) Elementgehalte: S, Cu, Cl, N, Ca, Mn, Na, P, Al, Mg, K, Zn.

An Stelle der Schadklassen im Sinne der gebräuchlichen Schadansprache wird nun das detailliert erhobene Benadelungsprozent (s.6.3) als Vitalitätskriterium herangezogen. Damit wird der Informationsverlust, den die Schadklassen bedingen, mit ihrer Beschränkung auf nur fünf Klassen, vermieden. Außerdem erhöht sich dadurch die Zahl der Freiheitsgrade und es können regressionsanalytische Berechnungen durchgeführt werden. Bevor jedoch auf die einzelnen Beziehungen näher eingegangen wird, soll zunächst einmal überprüft werden, inwieweit die heute immer wieder verwendeten Vitalitätsweiser übereinstimmen.

8.1. Vergleich der Vitalitätsweiser untereinander

Im Verlauf der bisherigen Ausführungen wurden fünf verschiedene Vitalitätsweiser vorgestellt, die in diesem Abschnitt miteinander verglichen werden sollen, um folgende Fragen beantworten zu können:

- 1) Wie gut korrelieren die geschätzten Vitalitätsweiser mit den gemessenen?
- 2) Kann auf einen gemessenen Weiser verzichtet werden und an seiner Stelle ein okular angeschätzter Weiser herangezogen werden?

DONG(1986) konnte, wenn auch nur an einem kleinen Material nachweisen, daß zwischen der Zahl der grünen Nadeljahrgänge an gefällten Bäumen und der Nadel trockenmasse pro Einheit Kronenmantelfläche eine gute Beziehung besteht. STERBA et al. 1986 kommen nach der Ansprache gefällter Versuchsbäume, 60jährige Fichten, zu dem Schluss, daß die

Einschätzung des Vitalitätszustandes nach dem Verlust an Nadeljahrgängen, die tatsächliche Schädigung unterschätzt, da nach ihren Befunden nicht nur ein Nadlefall an den älteren sondern in erheblichen Ausmass auch an den jüngeren Trieben erfolgt, die Verlichtung also keinesfalls eindeutig von unten nach oben und von innen nach aussen fortschreitet. Sie halten deshalb eine Verfeinerung der Nadelansprache für dringend erforderlich. POLLANSCHÜTZ(1986) schliesslich hält die Kronenverlichtung überhaupt für ein zweifelhaftes Kriterium zur Ansprache von Baumschäden neuerer Art, weil Nadelerschütte durch so viele Ursachen entstehen kann, daß spezifische Aussagen damit kaum zu machen sind.

Die in dieser Arbeit verwendeten Vitalitätsweiser lassen sich in zwei Gruppen einteilen:

1) okular angeschätzte Vitalitätsweiser

- Schadklasse (SK)
- Benadelungsprozent (BNP)

2) gemessene Vitalitätsweiser

- Anzahl Nadeln pro Zentimeter Ast (NADcma)
- Nadelgewicht pro Einheit Kronenmantelfläche (NAGWKMF)
- Nadelgewicht pro Einheit Astgewicht (NaGaGw)

In Tab.47 sind die verschiedenen Vitalitätsweiser für die Probeebäume getrennt nach Flächen aufgeführt.

FL	BNR	SK	BNP	NAGAG (g/g)	NAGWKMF (g/qm)	NADcMA (n/cm)
2	419	0	90.	1.094	112.810	206.7
2	453	0	97.	0.869	167.756	150.8
2	463	0	88.	1.079	91.660	174.9
2	464	0	92.	0.791	152.680	277.9
2	545	0	96.	0.984	127.169	204.8
2	418	0	74.	0.428	70.479	96.9
2	447	0	86.	0.758	152.038	212.1
2	467	0	77.	1.333	122.169	160.6
2	538	0	79.	0.830	108.760	173.0
2	547	0	97.	0.912	128.087	154.7
2	428	0	57.	0.723	82.115	100.2
2	452	0	84.	0.697	105.063	113.7
2	468	0	68.	0.462	104.337	100.2
2	522	0	97.	1.108	209.468	206.4
2	431	0	30.	0.121	32.043	51.7
2	481	0	38.	0.470	39.461	51.9
2	528	0	76.	0.687	113.023	164.4
2	536	0	52.	0.568	86.985	87.2
2	539	0	80.	0.601	135.119	179.6

Tab.47a: Die verschiedenen Vitalitätsweiser für die Probeebäume der Fläche 02 Nationalpark

FL	BNR	SK	BNP	NAGAG (g/g)	NAGWKMf (g/qm)	NADCMA (n/cm)
3	308	0	82.	0.196	89.713	145.0
3	320	0	94.	0.518	88.609	143.1
3	322	0	78.	0.137	47.575	81.6
3	323	0	81.	0.967	168.210	233.5
3	333	0	83.	0.169	78.571	150.7
3	318	0	91.	0.969	124.324	194.2
3	319	0	79.	0.151	116.242	158.1
3	325	0	93.	0.988	114.079	166.6
3	326	0	82.	0.171	142.938	175.1
3	329	0	72.	0.964	81.572	172.7
FL	BNR	SK	BNP	NAGAG (g/g)	NAGWKMf (g/qm)	NADCMA (n/cm)
4	401	0	84.	1.286	127.677	222.7
4	415	0	82.	0.817	108.428	172.8
4	421	0	82.	0.692	121.665	183.2
4	430	0	60.	0.532	75.715	163.4
4	484	0	66.	0.691	73.495	91.8
4	422	0	70.	0.428	109.974	173.7
4	437	0	81.	0.879	86.109	137.2
4	478	0	50.	0.426	35.880	60.5
4	402	0	54.	0.579	70.070	100.7
4	410	0	40.	0.261	42.968	141.6
4	467	0	72.	0.707	66.667	94.6
4	417	0	67.	0.484	50.654	91.4
4	423	0	61.	0.398	90.142	150.3
4	433	0	56.	0.543	72.236	141.6
4	459	0	30.	0.156	15.698	26.4
4	460	0	60.	0.551	80.031	136.5
FL	BNR	SK	BNP	NAGAG (g/g)	NAGWKMf (g/qm)	NADCMA (n/cm)
5	325	0	77.	0.996	54.651	88.1
5	371	0	90.	1.075	41.126	107.8
5	375	0	84.	0.981	49.083	104.7
5	386	0	69.	1.056	66.568	208.5
5	388	0	80.	1.108	45.243	111.5
5	310	0	79.	1.426	91.069	163.0
5	330	0	64.	0.978	94.848	146.2
5	332	0	70.	1.373	66.883	169.6
5	344	0	74.	1.320	66.337	116.8
5	349	0	67.	1.313	57.084	128.0
5	312	0	58.	0.867	34.733	57.9
FL	BNR	SK	BNP	NAGAG (g/g)	NAGWKMf (g/qm)	NADCMA (n/cm)
6	334	0	75.	1.140	62.612	135.6
6	335	0	83.	0.849	55.456	158.7
6	339	0	70.	1.133	87.230	159.2
6	360	0	88.	1.110	185.391	209.7
6	363	0	74.	1.237	155.873	232.9
6	353	0	69.	0.956	44.141	82.8
6	354	0	69.	1.375	54.261	110.8
6	369	0	69.	1.428	109.629	242.4
6	383	0	82.	1.084	110.549	163.8
6	386	0	70.	0.868	56.780	114.9
6	301	0	76.	0.697	35.891	73.2
6	302	0	67.	0.845	44.847	89.2
6	365	0	73.	0.904	94.559	160.8
6	370	0	77.	1.235	88.617	101.8
6	385	0	64.	0.856	69.087	103.5
6	356	0	49.	0.594	38.642	70.3
6	387	0	61.	1.307	75.526	119.5
6	388	0	59.	1.010	73.174	171.8

Tab.47b: Die verschiedenen Vitalitätsweiser für die Probebäume der Flächen 03 Nationalpark, 04 Wunsiedel, 05 Flossenbürg und 06 Zwiesel

Als Beispiel sei auf zwei Bäume der Fläche 02 Nationalpark näher eingegangen. Die beiden Fichten Nr. 453 und Nr. 547 sind mit 97% nahezu voll benadelt. Beide Bäume weisen auch die gleiche Anzahl Nadeln pro

Zentimeter Ast und das gleiche Verhältnis von Nadelgewicht zu Astgewicht auf. Die Einstufung von Baum Nr. 547 in Schadklasse 1 kann infolgedessen nur auf Grund von Nadelvergilbungen erfolgt sein. Leichte Unterschiede zeigen sich aber im Nadelgewicht pro qm Kronenmantelfläche. Die fünf verschiedenen Vitalitätsweiser kamen zumindest bei diesen beiden Bäumen zu nahezu identischen Ergebnissen und scheinen daher für die Beurteilung der Vitalität gleich gut geeignet zu sein. Inwieweit dieser Befund für alle Probeebäume zutrifft, soll nun mit Hilfe der Korrelationsanalyse überprüft werden. Die Schadklassen sind rangskaliert und werden daher gegenüber den übrigen, intervallskalierten Weisern mit Hilfe der Rangkorrelationsanalyse nach SPEARMAN (SACHS 1974) getestet. Der Vergleich der intervallskalierten Vitalitätsweiser untereinander erfolgt durch eine normale Korrelationsanalyse. Die Ergebnisse sind in Tabelle 48 zusammengefaßt.

Die Schadklassen, obwohl nur vier Ränge aufweisend (Probeebäume der Schadklasse 5 waren auf keiner der hier untersuchten Flächen vorhanden), korrelieren auf nahezu allen Flächen erstaunlich gut mit dem Benadelungsprozent, weniger gut dagegen mit den übrigen, gemessenen Weisern. Die geringe Anzahl der Ränge der Schadklassen (vier) bedingt einen enormen Informationsverlust. Dadurch sind auch die relativ niedrigen Korrelationskoeffizienten zwischen der Schadklasse und den übrigen Weisern zum Teil erklärbar. Deutlich besserer Korrelationen auf allen Flächen ergeben sich zwischen dem Benadelungsprozent und den gemessenen Weisern, insbesondere für die Flächen 02 Nationalpark und 04 Wunsiedel. Der Grund hierfür liegt in den starken Nadelverlusten den die Probeebäume dieser beiden Flächen aufweisen (vgl. Tab.47). Wie in Kapitel 7.4 noch gezeigt werden wird, wird die Beziehung zwischen der Nadelmasse pro Einheit Kronenmantelfläche und dem Benadelungsprozent umso straffer je stärker der Nadelverlust wird. Mit zunehmender Benadelung hingegen nimmt die Streuung der Einzelwerte immer mehr zu. Für die nur wenig geschädigten Probeebäume der Flächen 03 Nationalpark, 05 Flossenbürg und 06 Zwiesel ergibt sich demzufolge eine relativ schwache Korrelation zwischen Benadelungsprozent und der Nadelmasse pro Einheit Kronenmantelfläche. Auch die gemessenen Vitalitätsweiser zeigen im Vergleich untereinander dieselbe schadensspezifische Tendenz: Je stärker die Probeebäume einer Fläche geschädigt sind, desto besser korrelieren die gemessenen Weiser miteinander, wobei in allen Fällen der Zusammenhang zwischen der Nadelmasse pro Einheit Kronenmantelfläche und der Anzahl der Nadeln pro lfd. cm Ast am ausgeprägtesten ist. Die Stärke der Korrelation zwischen den einzelnen Vitalitätsweisern ist also zum einen abhängig von der Art des Weisers (geschätzt oder gemessen) und zum anderen vom Ausmass des Schadens.

Fazit dieses einfachen Vergleichs: Ein genau angeschätztes Benadelungsprozent ist geeignet vergleichsweise aufwendig zu erhebende, gemessene Vitalitätsweiser nahezu gleichwertig zu ersetzen. Die Einstufung von Bäumen in Schadklassen hingegen ist für profunde wissenschaftliche Untersuchungen deutlich weniger geeignet.

02 Nationalpark		SK	!	BNP	!	NAGWKMF	NACWGAG	NADCMA	!
N 19	SK	1,000		-		-	-	-	
	BNP	-0,693		1,000		-	-	-	
	NAGWKMF	-0,481		0,833		1,000	-	-	
	NACWGAG	-0,655		0,720		0,673	1,000	-	
	NADCMA	-0,557		0,810		0,805	0,657	1,000	
03 Nationalpark		SK	!	BNP	!	NAGWKMF	NACWGAG	NADCMA	!
N 10	SK	1,000		-		-	-	-	
	BNP	-0,387		1,000		-	-	-	
	NAGWKMF	0,322		0,454		1,000	-	-	
	NACWGAG	0,375		-0,074		0,405	1,000	-	
	NADCMA	0,204		0,308		0,660	0,606	1,000	
04 Wunsiedel		SK	!	BNP	!	NAGWKMF	NACWGAG	NADCMA	!
N 16	SK	1,000		-		-	-	-	
	BNP	-0,645		1,000		-	-	-	
	NAGWKMF	-0,512		0,850		1,000	-	-	
	NACWGAG	-0,549		0,828		0,711	1,000	-	
	NADCMA	-0,488		0,663		0,887	0,586	1,000	
05 Flossenbürg		SK	!	BNP	!	NAGWKMF	NACWGAG	NADCMA	!
N 11	SK	1,000		-		-	-	-	
	BNP	-0,703		1,000		-	-	-	
	NAGWKMF	-0,251		0,391		1,000	-	-	
	NACWGAG	0,100		0,138		0,444	1,000	-	
	NADCMA	0,100		-0,059		0,663	0,484	1,000	
06 Zwiesel		SK	!	BNP	!	NAGWKMF	NACWGAG	NADCMA	!
N 18	SK	1,000		-		-	-	-	
	BNP	-0,653		1,000		-	-	-	
	NAGWKMF	-0,319		0,505		1,000	-	-	
	NACWGAG	-0,304		0,217		0,494	1,000	-	
	NADCMA	-0,451		0,389		0,815	0,556	1,000	

Tab.48: Korrelationsmatrizen der verschiedenen Vitalitätsweiser

8.2. Beziehungen zwischen dem Höhenzuwachs und den Einzelbauparametern

Entscheidend für den Höhenzuwachs eines Jahres sind, wie bereits erwähnt, die Witterungsverhältnisse bei der Knospenanlage des vorhergegangenen Jahres (ASSMANN 1961). Daß der Höhenzuwachs der Prohebäume auf allen Flächen nur schwach mit der Nadelmasse korreliert (Tab.49), erstaunt trotzdem.

Probefläche	abh. Vari- able	DF	u n a b ä n g i g e V a r i a b l e n								
			N a G w			K M F			B N P		
			r	F	Sg	r	F	Sg	r	F	Sg
02 Nationalpark	ih	18	0,50	5,60(*)		0,50	5,74(*)		0,28	1,43(-)	
03 Nationalpark	ih	9	0,29	0,75(-)		0,68	7,05(*)		-0,10	0,09(-)	
04 Wunsiedel	ih	15	0,32	1,63(-)		0,31	1,54(-)		0,14	0,28(-)	
05 Flossenbürg	ih	10	0,27	0,73(-)		0,64	6,26(-)		0,62	5,78(*)	
06 Zwiesel	ih	17	0,23	0,95(-)		0,10	0,18(-)		0,31	1,77(-)	

Tab.49: Korrelationsmatrix für die abhängige Variable Höhenzuwachs 1984 (ih) und den unabhängigen Variablen Nadelmasse (NaGw), Kronenmantelfläche(KMF) und Benadelungsprozent(BNP)
 DF = Freiheitsgrade
 r = Korrelationskoeffizient
 F = F-Wert
 Sg = Signifikanzgrad

Einen deutlichen Einfluß auf den Höhenzuwachs läßt die Kronenmantelfläche erkennen. Je größer die Kronenmantelfläche eines Baumes, desto höher sein Zuwachs. Eine gut ausgebildete Krone geht immer einher mit optimalen Standraumverhältnissen. Diese wiederum bedingen gute Belichtung, die ihrerseits Voraussetzung für kräftiges Höhenwachstum ist.

Völlig ohne Belang für den Höhenzuwachs ist das Benadelungsprozent. Daraus kann geschlossen werden, daß der Höhenzuwachs als Vitalitätsweiser im Zusammenhang mit den Waldschäden nicht geeignet ist. Seine Ausprägung wird zu stark von anderen nur schwer quantifizierbaren Größen, wie Witterungsbedingungen des Vorjahres und Lichtverhältnissen, bestimmt.

8.3 Beziehungen zwischen dem Volumenzuwachs und den Einzelbaumparametern

8.3.1 Volumenzuwachs und Elementgehalte halbjähriger Nadeln

Der Einfluß des Nährelementgehaltes halbjähriger Nadeln auf die Volumenproduktion wurde korrelationsanalytisch untersucht. Die Ergebnisse sind in Tab.51 zusammengefaßt. Aus zahlreichen Untersuchungen (REEMTSMA 1964, EVERS und HAUSSER 1973) weiß man um die Schwierigkeit, den Einfluß der verschiedenen Nährelemente auf den Volumenzuwachs richtig zu bewerten. Düngungsversuche haben gezeigt, daß vor allem auf Mangelstandorten die Nährelemente Stickstoff, Calcium, Magnesium, Kalium und Phosphor, gut mit dem Volumenzuwachs korreliert sind (WEHRMANN 1959, STREBEL 1960, PREUSSLER 1984). Über die Bedeutung verschiedener anderer Elemente insbesondere Kupfer, Eisen, Zink, Mangan, Chlor und Aluminium weiß man hingegen noch relativ wenig (FINCK 1974). Die eigenen Untersuchungen führten zu folgenden in Tabelle 50 aufgelisteten Ergebnissen:

Der Volumenzuwachs auf der Fläche 01 Neureichenau ist in starkem Maße abhängig von den Nährelementen Calcium und Zink. Negativ korreliert hingegen ist er mit den Elementen Schwefel, Kalium und Kupfer.

Von vorrangiger Bedeutung für den Volumenzuwachs der Probestämme der Fläche 02 Nationalpark scheint Calcium zu sein.

Der Volumenzuwachs der Probestämme des unter Schirm stehenden Jungbestandes 03 Nationalpark ist positiv mit Aluminium und negativ mit Mangan korreliert.

Im Bestand 04 Wunsiedel ist ein - die Volumenproduktion fördernder - Einfluß der Nährelemente Stickstoff, Phosphor und Kupfer auszumachen.

Element	01 Neureichenau				02 Nationalpark				03 Nationalpark			
	r	!	F	Sg	r	!	F	Sg	r	!	F	Sg
S	-0,98		48,75(***)		0,05		0,06(-)		-0,08		0,06(-)	
Cu	-0,92		10,43(**)		-0,06		0,06(-)		-0,17		0,25(-)	
Cl	-0,48		0,61(-)		-0,20		0,71(-)		-0,19		0,30(-)	
N	-0,69		1,81(-)		-0,19		0,69(-)		-0,24		0,49(-)	
Ca	0,98		54,04(***)		0,73		19,29(***)		-0,06		0,03(-)	
Fe	-0,82		4,23(-)		-0,21		0,85(-)		0,40		1,48(-)	
Mn	0,57		0,99(-)		0,05		0,05(-)		-0,67		6,60(*)	
Na	-0,87		6,01(*)		-0,25		1,12(-)		0,28		0,69(-)	
P	0,14		0,04(-)		-0,04		0,03(-)		-0,40		1,55(-)	
Al	0,20		0,08(-)		-0,29		1,58(-)		0,63		5,32(*)	
Zn	0,94		15,81(**)		0,43		3,84(-)		-0,51		2,81(-)	
Mg	0,80		3,50(-)		-0,11		0,22(-)		-0,53		3,14(-)	
K	-0,94		14,85(**)		-0,32		2,01(-)		-0,45		2,03(-)	

Element	04 Wunsiedel				05 Flossenbürg				06 Zwiesel			
	r	!	F	Sg	r	!	F	Sg	r	!	F	Sg
S	0,43		3,22(-)		0,41		1,79(-)		0,53		6,19(*)	
Cu	0,57		6,71(*)		0,85		23,15(***)		0,66		12,11(**)	
Cl	-0,40		2,72(-)		0,41		1,83(-)		-0,48		4,70(*)	
N	0,70		13,87(**)		0,70		8,81(*)		0,81		30,43(***)	
Ca	0,26		1,04(-)		0,81		17,12(**)		0,48		4,88(*)	
Fe	0,28		1,17(-)		0,60		5,09(*)		0,21		0,74(-)	
Mn	0,08		0,10(-)		0,76		12,55(**)		0,44		3,93(-)	
Na	0,07		0,07(-)		-0,65		6,62(*)		0,01		0,00(-)	
P	0,06		8,11(*)		0,67		7,43(*)		0,70		15,59(**)	
Al	0,50		4,69(*)		0,37		1,43(-)		0,040		2,98(-)	
Zn	0,19		0,51(-)		0,78		14,48(*)		0,64		10,94(**)	
Mg	0,28		1,17(-)		0,54		3,81(-)		0,09		0,13(-)	
K	-0,06		0,06(-)		0,75		11,83(**)		0,54		6,57(*)	

Tab.50: Korrelationsmatrix für die abhängige Variable Volumenzuwachs und den Elementgehalten halbjähriger Nadeln
(r= Korrelationskoeffizient, F= F-Wert, Sg= Signifikanzgrad)

Für die Probestämme der Fläche 06 Zwiesel steigt der Volumenzuwachs mit zunehmender Stickstoff- und Phosphorversorgung der Nadeln. Aber auch die Elemente Schwefel, Kupfer, Calcium, Zink und Kalium sind positiv mit dem Volumenzuwachs korreliert. Einen negativen Einfluß zeigt lediglich das Element Chlor.

Insgesamt gesehen erscheinen solche Befunde nicht ausreichend konsistent, um diesen Zusammenhängen weiter nachzugehen. Das ist auch der Grund warum keine Ansätze verfolgt wurden, komplexen Beziehungen mit Hilfe multivariater Verfahren auf die Spur zu kommen. Die wichtigste Rolle der Nadelanalysen im Kontext dieser Arbeit besteht daher darin, die Ernährungs- und Belastungssituation der Probestämme ganz allgemein zu charakterisieren. Daß die Produktionsleistung der Probestämme erwartungsgemäß mit einer Reihe von Nährelementen, deren Bedeutung abhängig vom Standort ist, gut korreliert ist, kann als ein eher trivialer Befund gedeutet werden.

8.3.2 Beziehungen zwischen Holzzuwachs, Nadelmasse, Kronenmantelfläche und Benadelungsprozent

Bereits BURGER (1946) hat die entscheidende Bedeutung der Nadelmasse für die Volumenproduktion der Bäume aufgezeigt. Diese fundamentale, wenn auch naheliegende Beziehung hat sich in den eigenen Studien bestätigt. Die Ergebnisse der in Kapitel 7.2.1 bereits dargestellten Diskriminanzanalyse zeigen jedoch, daß darüberhinaus auch die Größe der Kronenmantelfläche und der Vitalitätszustand den Einzelbaumzuwachs beeinflussen. Die statistischen Kennwerte dieser einfachen linearen Beziehungen können der Tabelle 51 entnommen werden.

Probestfläche	abh. Variable	DF	unabhängige Variablen								
			NaGw			KMF			BNP		
			r	F	Sg	r	F	Sg	r	F	Sg
02 Nationalpark	iv	18	0,96	389,6	***	0,81	75,4	***	0,56	21,9	***
03 Nationalpark	iv	9	0,97	254,8	***	0,80	32,8	***	0,06	0,5	-
04 Wunsiedel	iv	15	0,89	116,5	***	0,44	11,2	***	0,03	0,4	-
05 Flossenbürg	iv	10	0,89	82,8	***	0,74	20,6	***	0,54	8,5	*
06 Zwiesel	iv	18	0,94	246,0	***	0,57	21,6	***	0,22	4,5	*

Tab.51: Korrelationsmatrix für die abhängige Variable Volumenzuwachs 1984 (iv) und den unabhängigen Variablen Nadelmasse (NaGw), Kronenmantelfläche (KMF) und Benadelungsprozent (BNP)
 Df = Freiheitsgrade
 r = Korrelationskoeffizient
 F = F-Wert
 Sg = Signifikanzgrad

Es wird deutlich, daß sowohl die Nadelmasse als auch die Kronenmantelfläche auf höchst signifikantem Niveau straff mit dem Volumenzuwachs korreliert sind. Dabei ist in allen Fällen der Einfluß der Nadelmasse

stärker als der der Kronenmantelfläche.

Ein deutlich weniger ausgeprägter aber statistisch abgesicherter Einfluß des Benadelungsprozentes auf den Volumenzuwachs der Probebäume ist dagegen lediglich für die Flächen 02 Nationalpark, 05 Flossenbürg und 06 Zwiesel nachzuweisen. Auf den beiden übrigen Flächen scheint die Volumenproduktion der Probebäume unabhängig vom Schädigungsgrad zu sein. Für die Fichten der Fläche 03 Nationalpark ist das durchaus plausibel, da insgesamt nur äußerst geringe Nadelverluste festgestellt wurden. Und das Ergebnis für die Fläche 04 Wunsiedel könnte ebenfalls teilweise auf nicht sehr ausgeprägte Nadelverluste zurückzuführen sein, aber wohl auch darauf, daß die eingeschätzten Entnadelungen erst in jüngster Zeit erfolgt sind. Ausserdem sind die Zuwächse auf dieser Fläche geprägt durch die in Kapitel 7.1.4 geschilderten waldbaulichen Besonderheiten, die die erst in jüngster Zeit aufgetretenden Waldschäden vollkommen zu überlagern scheinen.

Starke und seit längerer Zeit deutlich sichtbare Nadelverluste, wie etwa auf der Fläche 02 Nationalpark, schlagen sich danach signifikant in der Volumenproduktion der Probebäume nieder. Die unabhängige Variable Benadelungsprozent erklärt allerdings auch unter diesen Bedingungen nur 50% der Varianz der abhängigen Variablen Volumenzuwachs. Eine ausreichend zuverlässige Einschätzung dieser Zielgröße allein durch das Benadelungsprozent ist aus drei Gründen auch nicht zu erwarten:

- 1) Das Benadelungsprozent - so sorgfältig es auch aufgenommen sein mag - ist eben nur angeschätzt und nicht gemessen und unterliegt daher einem subjektiven Fehler
- 2) Das Benadelungsprozent ist ein relativer Vitalitätsweiser, der unabhängig von der Baumdimension ist. Der Volumenzuwachs dagegen ist eine absolute Größe, die in starkem Maße von der Dimension des Baumes und seines Assimilationsapparates abhängt.
- 3) Geringe Schäden führen in erster Linie zum Abwerfen von Schattnadeln und damit zu einer Verbesserung der Leistungsbilanz der restlichen Nadeln. Die Folge ist, daß der Zuwachs entweder gar nicht oder nur unterproportional sinkt. Eine Linearität zwischen Zuwachs und Benadelungsprozent ist deshalb in diesem Bereich nicht zu erwarten.

Will man diese Linearität herstellen, so müssen die erhobenen Befunde in eine andere Beziehung zueinander gebracht werden, was in der Folge versucht werden soll.

8.3.3 Der Einfluß der Kronenmantelfläche und des Benadelungsprozentes auf die Nadelmasse

Es wurde also gezeigt, daß der Volumenzuwachs der Probestämme hauptsächlich von der für die Produktion zur Verfügung stehenden Nadelmasse geprägt ist. Diese wiederum ist außer von Genotyp und Standort abhängig von der sozialen Stellung und vom Gesundheitszustand der Bäume. Da bewußt nur vorherrschende Individuen untersucht wurden, kann die soziale Position der Probestämme als Einflussfaktor ausgeschlossen werden.

Die Nadelmasse der Probestämme, Tabelle 52 zeigt es, wird sowohl von der Kronenmantelfläche als auch vom Benadelungsprozent beeinflusst. Die einfachen linearen Beziehungen sind in allen Fällen straff korreliert und höchst signifikant.

Probestfläche	abh. Vari- able	DF	u n a b ä n g i g e V a r i a b l e n								
			K M F			B N P			B N P K M F		
			r	F	Sg	r	F	Sg	r	F	Sg
02 Nationalpark	NaGw	18	0,93	236,7	***	0,87	123,0	***	0,96	462,9	***
03 Nationalpark	NaGw	9	0,94	144,5	***	0,86	58,3	***	0,95	166,8	***
04 Wunsiedel	NaGw	15	0,90	134,4	***	0,78	52,8	***	0,96	438,8	***
05 Flossenbürg	NaGw	10	0,90	100,4	***	0,88	74,3	***	0,91	106,6	***
06 Zwiesel	NaGw	17	0,76	54,2	***	0,70	38,9	***	0,82	15,5	***

Tab. 52: Korrelationsmatrix für die abhängige Variable Nadelgewicht (NaGw') und den unabhängigen Variablen Kronenmantelfläche (KMF), Benadelungsprozent (BNP) und der Interaktion zwischen Kronenmantelfläche und Benadelungsprozent (BNPKMF)
 DF = Freiheitsgrade
 r = Korrelationskoeffizient
 F = F-Wert
 Sg = Signifikanzgrad

Ein noch stärkerer Einfluß auf die Nadelmasse der Probestämme ergibt sich, wenn das Produkt zwischen Kronenmantelfläche und Benadelungsprozent in die Korrelationsrechnung einbezogen wird. Diese Beziehung weist für alle Flächen so hohe Bestimmtheitsmaße auf, daß damit eine sehr genaue Schätzung der Nadelmasse möglich sein dürfte. Darauf wird im nächsten Kapitel näher eingegangen.

8.4 Herleitung der Zuwachsverluste

Ein Ziel der Waldschadensforschung ist es, mit relativ einfach und schnell zu erhebenden Parametern Zuwachsverluste zu berechnen, um daraus Zuwachsreduktionstabellen für ganze Bestände oder gar Regionen zu erstellen. Die dabei zu lösenden Probleme, wie etwa die Bestimmung des Normalzuwachses gesunder Bäume oder ganzer Bestände als Vergleichswert sind groß (ABETZ 1985, RÖHLE 1986, KRAMER 1986) und die Herleitung einer direkten Beziehung zwischen Volumenzuwachs und Benadelungsprozent allein, mit deren Hilfe der Zuwachsverlust angeschätzt werden könnte, hat sich als wenig aussichtsreich erwiesen (s. 8.3.1). Die Einbeziehung eines weiteren Baumparameter, wie etwa der Kronenmantelfläche (KRAMER 1984) zum Ausgleich unterschiedlicher Baumdimensionen ist daher unumgänglich.

Wie bereits nachgewiesen wurde, ist der Volumenzuwachs eines Baumes nicht nur vom Benadelungsprozent abhängig. Genotyp und soziale Stellung, die ihrerseits Ausdruck von Standort und Belichtungsverhältnissen ist, spielen eine wesentliche Rolle. Ein gutes Spiegelbild all dieser Einflüsse ist die Krone eines Baumes, also der Assimilationsapparat und dessen Träger. In Kapitel 8.3.1 ist gezeigt worden, daß der Volumenzuwachs der Probestämme hauptsächlich von deren Nadelmasse und Kronenmantelfläche beeinflusst wird. Eine entsprechende Schätzfunktion für die Berechnung des Volumenzuwachses könnte also lauten:

$$iv = a + b \cdot x_{NaGw} + c \cdot x_{KMF}$$

a, b, c = Regressionskoeffizienten
 NaGw = Nadelmasse
 KMF = Kronenmantelfläche

Die Kronenmantelfläche kann sowohl terrestrisch (RÖHLE UND HUBER 1985) als auch über Luftbilddaufnahmen (KRAMER 1985) relativ einfach und exakt erhoben werden. Um diese Schätzfunktion für die Waldschadensforschung interessant werden zu lassen, müßte aber auch die Nadelmasse und somit der Nadelverlust als absolute Gewichtsgröße erhoben werden, was jedoch mit enormen Arbeitsaufwand verbunden wäre. Gelänge es hingegen, die Nadelmasse eines Baumes aus einer verhältnismäßig einfach zu erhebenden Kenngröße, nämlich dem Benadelungsprozent, anzuschätzen, so wäre es leicht, den Zuwachsverlust dieses Baumes aufgrund der vorgegebenen Gleichung zu ermitteln. In Kap. 8.3.2 wurde schon gezeigt, daß das Nadelgewicht sowohl mit der Kronenmantelfläche als auch mit dem

Benadelungsprozent straff korreliert ist. Der Einfluß des Schädigungsgrades, ausgedrückt durch das Benadelungsprozent, auf die Nadelmasse ist dabei wesentlich ausgeprägter, als der auf den Volumenzuwachs. Noch deutlicher wird der Einfluß des Baumzustandes auf die Nadelmasse, wenn die Interaktion zwischen Benadelungsprozent und Kronenmantelfläche - also das Produkt dieser beiden Größen (BNPxKMF) - als unabhängige Variable ins Spiel gebracht wird. Das kann in Form einer einfachen linearen Regression geschehen, deren Gleichung folgendermaßen lautet:

$$\text{NaGw} = b \times \text{BNPxKMF} \quad (\text{Gleichung 1})$$

Mit deren Hilfe gelingt auf allen Versuchsflächen eine ausgezeichnete, statistisch höchst signifikante Schätzung der Nadelmasse (Tab:53)

Probefläche	Regressionskoeff.		DF	Bestimmtheitsmaß	Standardfehler	F-Wert (Sg)
	a	b				
02 Nationalpark	0	1,544	19	0,96	0,22	462,93 ***
03 Nationalpark	0	1,301	10	0,95	0,25	166,82 ***
04 Wunsiedel	0	1,360	16	0,96	0,21	438,79 ***
05 Flossenbürg	0	0,689	11	0,91	0,32	106,61 ***
06 Zwiesel	0	1,247	18	0,82	0,55	75,51 ***

Tab.53: Regressionskoeffizienten und statistische Kennwerte für den Zusammenhang zwischen Nadelmasse (NaGw) und Benadelungsprozent
 *Kronenmantelfläche (BNPKMF)
 Schätzfunktion: $\text{NaGw} = b \times \text{BNPKMF}$
 Sg = Signifikanzgrad
 DF = Freiheitsgrade

Der Regressionsparameter a (Achsenabschnitt) lautet Null, weil die Regressionsgeraden durch den Nullpunkt gelegt werden müssen. Dadurch wird sichergestellt, daß ein Baum, der alle Nadeln verloren hat, auch rechnerisch keine Nadelmasse mehr aufweisen kann. Aus Gleichung 1 wird der Einfluß des Benadelungsprozentes gut sichtbar. Läßt man das Benadelungsprozent als Faktor Werte zwischen 0,00 (=0% Benadelung) und 1,0 (=100% Benadelung) annehmen, so wird im Falle eines vollständigen Nadelverlustes die Nadelmasse Null (Faktor: 0,00). Liegt überhaupt keine Schädigung vor, so ist die Nadelmasse eines Baumes ausschließlich von seiner Kronenmantelfläche abhängig (Faktor 1,00). Das Benadelungsprozent ist also eine Korrekturgröße mit der die tatsächlich benadelte Kronenmantelfläche bestimmt wird.

Mit Hilfe dieser Schätzfunktion kann also für einen stark geschädigten Baum zum einen seine tatsächliche Nadelmasse (NaGwS, S für Schätzung) berechnet werden und zum anderen die Nadelmasse, die er besitzen würde, wenn er absolut gesund wäre (NaGwS100%).

Der Volumenzuwachs eines Baumes ist- wie schon mehrfach gezeigt wurde - straff korreliert mit seiner Nadelmasse und die Beziehung

$$iv = bxNaGw \quad (\text{Gleichung 2})$$

ist für alle Flächen höchst signifikant (Tab.54).

Probefläche	Regressionskoeff.		DF	Bestimmt- heitsmaß	Standard- fehler	F-Wert (Sg)
	a	b				
02 Nationalpark	0	0,000643	19	0,96	0,24	389,61 ***
03 Nationalpark	0	0,000597	10	0,97	0,22	254,82 ***
04 Wunsiedel	0	0,000906	16	0,89	0,39	116,47 ***
05 Flossenbürg	0	0,00101	11	0,89	0,38	82,83 ***
06 Zwiesel	0	0,000705	18	0,94	0,29	246,04 ***

Tab.54: Regressionskoeffizienten und statistische Kennwerte für den Zusammenhang zwischen Volumenzuwachs (iv) und Nadelmasse (NaGw)
Schätzfunktion: $iv = bxNaGw$
Sg = Signifikanzgrad
DF = Freiheitsgrade

Der Regressionskoeffizient a wurde wieder gleich Null gesetzt, damit Bäume ohne Nadelmasse auch rechnerisch keinen Zuwachs mehr leisten. Mit den beiden aus Gleichung 1 geschätzten Nadelmassen eines Baumes, also mit seiner tatsächlichen (NaGwS) und seiner fiktiven (NaGwS100%), geht man nun in die Volumenzuwachsschätzfunktion (Gleichung 2), und berechnet zum einen den tatsächlichen Volumenzuwachs (ivS) und zum anderen den Volumenzuwachs (ivS100%), den der Baum aufweisen würde, wenn er gesund wäre. Die Differenz der beiden Werte (divS) ergibt den Zuwachsverlust des Baumes als Folge unterdurchschnittlicher Benadelung. Die Rechenschritte sind also folgende:

$$ivS = bxSNaGw$$

$$ivS100\% = bxSNaGw100\%$$

$$divS = ivS100\% - ivS$$

Ein Ausgleich der Beziehung zwischen Volumenzuwachs und Nadelmasse müßte auch durch die Wachstumsfunktion

$$iv\% = a + bx \ln(NaGw)$$

erzielbar sein. Diese Funktion ist biologisch durchaus sinnvoll unter der Annahme, daß geringe Nadelmassenverluste noch keinen Zuwachsverlust bedingen. Sie wurde für alle Flächen berechnet, führte aber ohne Ausnahme zu deutlich niedrigeren Bestimmtheitsmaßen und F-Werten als

die tatsächlich verwendete einfache lineare Regression (Gleichung 2). Der Grund hierfür liegt in der großen ungerichteten Streuung der Volumenzuwachswerte im Bereich geringer Nadelverluste. Da das Hauptziel der Untersuchung eine möglichst genaue und statistisch abgesicherte Zuwachsschätzung ist, wurde deshalb die einfache lineare Regression für alle weiteren Berechnungen herangezogen, die ausnahmslos die höheren Bestimmtheitsmaße lieferte.

Die hier aufgezeigten Zusammenhänge wurden für alle Versuchsbestände überprüft. Die Berechnungen mit den beiden Schätzfunktionen (Gleichung 1 und 2) führten in allen Fällen zu ähnlich straffen Beziehungen. Sie konnten ausnahmslos als statistisch höchst signifikant eingestuft werden (vgl. Tab.53 und Tab.54).

In den nachfolgenden Abbildungen (Abb.35 - 40) sind die einzelnen Schritte für die Fläche 02 Nationalpark noch einmal graphisch dargestellt.

Die deutliche Abhängigkeit der Nadelmasse vom Produkt aus Benadelungsprozent und der Kronenmantelfläche ($BNP \times KMF$) kommt in Abb.35 gut zum Ausdruck. Ebenso zeigt sich aber, daß sich mit zunehmender Größe der unabhängigen Variablen ($BNP \times KMF$) die Streuung um die Ausgleichsgerade vergrößert und der Form eines Füllhorns ähnelt. Besonders prägnant wird diese Form, wenn man die Residuen der gemessenen Nadelmasse (Abweichungen der Meßwerte von der Ausgleichsgeraden) über der unabhängigen Variablen ($BNP \times KMF$) aufträgt, wie das in Abb.36 geschehen ist.

Danach nimmt die Streuung der Einzelwerte um die Ausgleichsfunktion mit der Zunahme des Produkts aus Kronenmantelfläche und Benadelungsprozent zu. Das aber bedeutet, daß die Zuverlässigkeit der Schätzung mit der Zunahme dieses Produktes abnimmt.

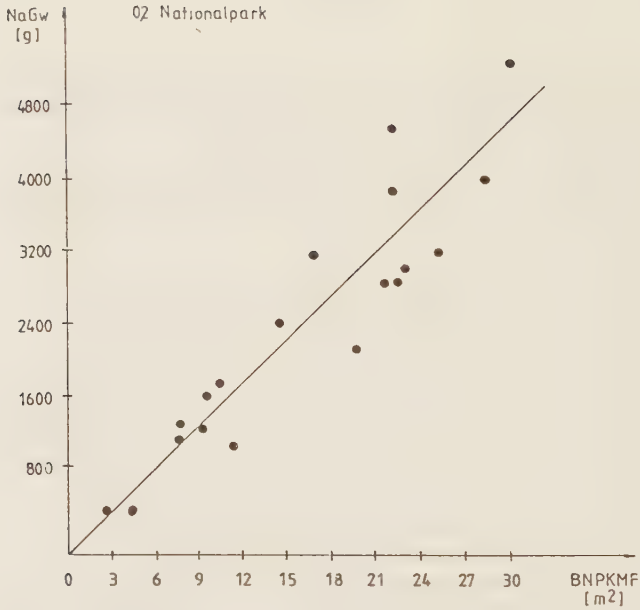


Abb.35: Die Abhängigkeit der Nadelmasse(NaGw in g) vom Produkt aus Benadelungsprozent und Kronenmantelfläche (BNPkMF in qm) für die Probefläche 02 Nationalpark

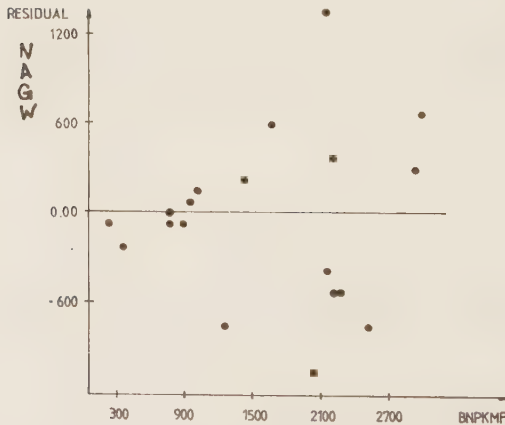


Abb.36: Residuen der gemessenen Nadelmassen (NaGw) über dem Produkt aus Benadelungsprozent und Kronenmantelfläche (BNPkMF)

Soll die Bedeutung des Benadelungsprozentes in dieser Beziehung alleine charakterisiert werden, so kann dies durch Umstellung von Gleichung 1

$$\text{NaGw} = \text{bx}(\text{BNP} \times \text{KMF})$$

in

$$\text{NaGw/KMF} = \text{bxBNP}$$

geschehen. Das Ergebnis ist in Abb.37 dargestellt.

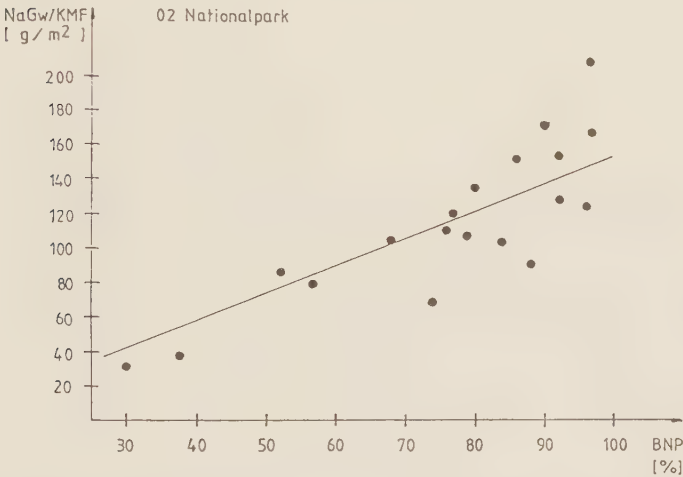


Abb.37: Der Einfluß des Benadelungsprozents (BNP) auf den Quotienten Nadelmasse zu Kronenmantelfläche (NaGw/KMF in g/qm)

Da es sich um eine mathematische Umformung einer einfachen linearen Regression ohne Achsenabschnitt a handelt, sind die statistischen Kennwerte dieser Beziehung identisch mit denen der Ausgangsfunktion (Tab.53). Aus der Abbildung ist klar ersichtlich, daß die Streuung mit zunehmendem Benadelungsprozent größer wird. Anders ausgedrückt: Je stärker der Nadelverlust, desto genauer die Schätzung der Nadelmasse. Aus der Darstellung der Residuen in Abb.38 ist gut ersichtlich, daß nur Nadelverluste von mehr als 25% eine präzise Schätzung der Nadelmasse über diese Funktion ermöglichen.

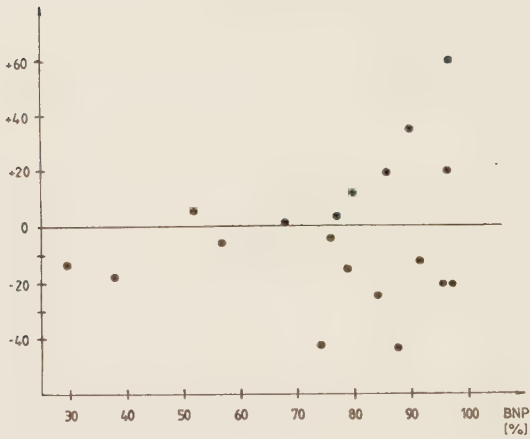


Abb.38: Residuen der gemessenen Nadelmassen pro Einheit Kronenmantelfläche (NaGw/KMF in g/qm) über den Benadelungsprozent (BNP)

Ein nahezu identisches Bild ergibt sich auch beim Betrachten der Abb.39, in der der Volumenzuwachs über der Nadelmasse aufgetragen ist.

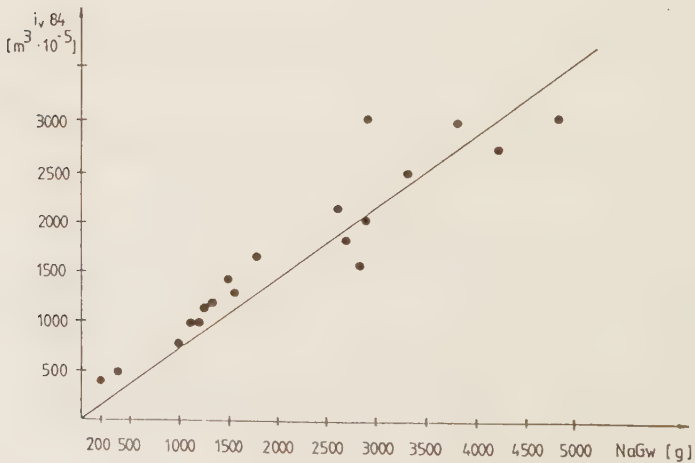


Abb.39: Volumenzuwachs in Abhängigkeit von der Nadelmasse

Mit zunehmender Nadelmasse wird die Streuung des Volumenzuwachses um die Ausgleichsgerade größer und seine Schätzung ungenauer. Auch dabei kommt die typische Form des Füllhorns wieder in der Residuendarstellung der Abb.40 besonders klar zum Vorschein.

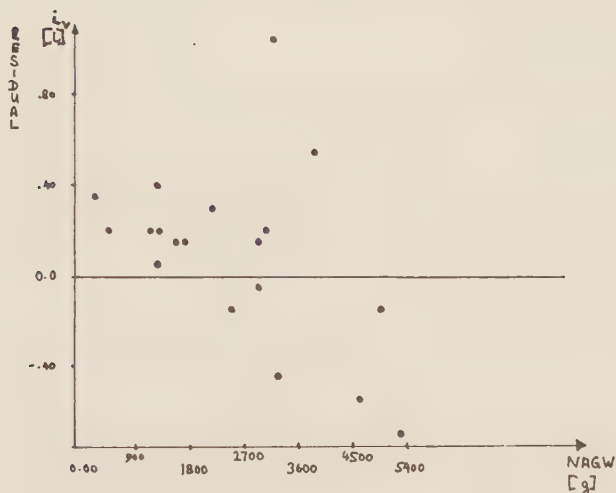


Abb.40: Residuen der gemessenen Volumenzuwächse (iv in l) über der Nadelmasse (NaGW in g)

Das erhobene Datenmaterial erlaubt jetzt die Gegenüberstellung der gemessenen Werte mit den über die Schätzfunktion hergeleiteten. Dieser Vergleich läßt Rückschlüsse auf die Verlässlichkeit der Schätzung zu. Er kann mit Hilfe der Regressionsanalyse durchgeführt werden. Die zugehörigen Regressionskoeffizienten und statistischen Kennwerte sind in Tab.55 zusammengestellt. Danach ist die Beziehung zwischen gemessenem und geschätztem Volumenzuwachs für alle Flächen sehr straff korreliert und höchst signifikant. Die Regressionskoeffizienten, die zwischen 1,01 und 1,13 liegen, zeigen auf, daß die Ausgleichsgerade für diese Beziehung nahezu identisch mit der Winkelhalbierenden ist.

Probefläche	Regressionskoeff. a	Regressionskoeff. b	Df	Bestimmtheitsmaß	Standard-Fehler	F-Wert (Sg)
02 Nationalpark	0	1,029	19	0,98	0,038	133,19(***)
03 Nationalpark	0	1,011	10	0,98	0,086	136,06(***)
04 Wunsiedel	0	1,131	16	0,90	0,098	132,43(***)
05 Flossenbürg	0	1,082	11	0,96	0,073	219,61(***)
06 Zwiesel	0	1,1075	18	0,94	0,070	217,72(***)

Tab.55: Regressionskoeffizienten und statistische Kennwerte für den Zusammenhang zwischen Volumenzuwachs (iV) und geschätztem Volumenzuwachs (iVS)
 Schätzfunktion: $iV = b \cdot iVS$
 Sg = Signifikanzgrad
 Df = Freiheitsgrade

Ein wichtiges Ergebnis der Berechnungen und Darstellungen bis hierher ist die Erkenntnis, daß es im Bereich von 70-100% Benadelung (umfaßt die Schadklassen 0 und 1 sowie den oberen Grenzbereich der Schadklasse 2) vorkommt, daß Bäume mit höherem Schadgrad mehr Zuwachs leisten als Bäume mit geringerem. Eine Zuwachsverlustschätzung an Einzelbäumen, die weniger als 25% Nadelverlust aufweisen, ist daher nach den vorliegenden Ergebnissen für Jungfichten wenig sinnvoll.

Diese Erkenntnis gilt jedoch nicht bei der Betrachtung eines ganzen Bestandeskollektivs. Das hohe Bestimmtheitsmaß der Schätzfunktion erlaubt vielmehr für ein Kollektiv von Bäumen, etwa einen Bestand, den Zuwachsverlust mit hoher Zuverlässigkeit zu bestimmen.

Addiert man beispielsweise für die Probebäume der Fläche 02 Nationalpark die gemessenen Volumenzuwächse auf und vergleicht sie mit den geschätzten, so wird deutlich, daß sich die beiden Summen nur unwesentlich voneinander unterscheiden (Tab.56). Der Unterschied beträgt 4,4% und ist damit erfreulich gering. Ausserdem ist zu erkennen, daß die Schätzfunktion für den Volumenzuwachs mit Ausnahme der Fläche 03 Nationalpark stets etwas niedrigere Werte erbringt als die Messung. Der geschätzte Zuwachsverlust wird also keineswegs über-, sondern eher unterschätzt. Er beträgt für alle neunzehn Probebäume der Fläche 02 Nationalpark im Jahre 1984 6,8 Liter. Die Zuwachsverluste der Baumkollektive der übrigen Probeflächen reichen von 1,7 Liter (05 Flossenbürg) bis 13,6 Liter (04 Wunsiedel).

PROBFLÄCHE	Summe iV Messung in l in %	Summe iVS Schätzung in l in %	Summe iVS100% Schätzung in l in %	Summe d iVS Schätzung in l in %	Anzahl der Messungen	Mittlerer Zuwachsverlust pro Probefläche
02 Nationalpark	32,4 85,5	31,1 82,0	31,9 82,0	6,8 18,0	19	22,4
03 Nationalpark	14,2 80,1	14,1 83,5	17,6 83,5	2,8 16,5	10	16,0
04 Wunsiedel	25,3 73,1	21,0 60,1	34,6 84,6	13,6 39,3	16	30,1
05 Flossenbürg	5,5 19,8	5,2 19,4	6,9 100,0	1,7 29,6	11	18,0
06 Zwiesel	13,1 11,8	12,6 11,6	17,6 17,6	5,0 28,4	15	21,3

Tab.56: Ergebnisse der Volumenzuwachsschätzung im Vergleich zu den gemessenen Werten
 iV = gemessener Volumenzuwachs 1984
 iVS = geschätzter Volumenzuwachs 1984
 iVS100% = geschätzter Volumenzuwachs unter der Annahme einer 100%-Benadelung
 d iVS = geschätzter Volumenzuwachsverlust 1984

Die hier getroffenen Aussagen und Ergebnisse gelten analog auch für die übrigen Flächen (s. Tab.56 und Anhang Abb.45-53). Das für diese Arbeit hergeleitete Benadelungsprozent ist eine sehr genaue, aber nur mit einigem Aufwand zu erhebende Größe. Da zwischen ihr und den Schadklassen der Waldschadensinventur immerhin ein beachtlicher Zusammenhang besteht (s. 8.3.1) dürfte es der Mühe wert sein, diese auf einem engeren und gleichmäßigen Schätzrahmen umzustellen. Vor allem wäre es dabei wichtig, die Breite der Schadklassen 2 und 3, in denen der ganze Bereich möglicher Zuwachsverluste liegt, zu strukturieren.

- 1) Eine deutliche Vitalitätsminderung von Einzelbäumen, die sich auch in einer Reduktion des Volumenzuwachses niederschlägt, ist erst bei Nadelverlusten von mehr als 25% nachzuweisen.
- 2) Die durch Entnadelungen zwischen 75 und 100% verursachten Zuwachsverluste können mit Hilfe einer Schätzfunktion ziemlich genau bestimmt werden, deren Eingangsgrößen die verhältnismäßig leicht zu erhebenden Parameter Kronenmantelfläche und Benadelungsprozent sind.

Es sei hier jedoch einschränkend darauf hingewiesen, daß die hier dargestellten Zusammenhänge nur an Jungbeständen (zwischen 15 und 40 Jahre alt) untersucht wurden. Ob sie auch für Altbestände gültig sein können, bedarf der Abklärung durch weitere Forschungen. Daß das so sein kann, lassen die Ergebnisse vermuten, die KRAMER (1986) für Altlichten erarbeiten konnte. Sein Ansatz bezieht den Nadelverlust und die Kronenmantelfläche direkt auf den Volumenzuwachs. Er hat also lediglich den Umweg über die Schätzung der Nadelmasse vermieden, was aber im Endeffekt keine Rolle spielt, da die beiden in dieser Arbeit verwendeten Gleichungen

$$iv = b1 \times NaGw \quad \text{und} \\ NaGw = b2 \times (BNP \times KMF)$$

auch in eine einzige umgewandelt werden können:

$$iv = b1 \times b2 \times (BNP \times KMF) \quad \text{bzw} \\ iv = b3 \times (BNP \times KMF)$$

Durch Umformung erhält man die Funktion

$$iv/KMF = b3 \times BNP$$

die fast identisch ist mit KRAMER's Ansatz, der lautet:

$$iv/KMF = a + b \times BNP$$

Einziger, aber wichtiger Unterschied ist der Regressionskoeffizient a , der in dieser Beziehung nach Meinung des Autors gleich Null gesetzt werden muß, um zu gewährleisten, daß vollkommen entnadelte Bäume auch rechnerisch keinen Zuwachs mehr leisten. Formt man KRAMER's Gleichung

$$iv/KMF = a + b \cdot NV$$

mathematisch um, wie es zuvor mit der in dieser Arbeit verwendeten Funktion geschehen ist, so erhält man folgenden Ausdruck:

$$iv = axKMF + b \cdot (NV \cdot KMF).$$

Diese Umformung ist zwar rein mathematisch gesehen zulässig, aus der ursprünglichen einfachen linearen Regression ist aber nun eine multiple lineare Regression entstanden, in der die Kronenmantelfläche ein höheres Gewicht hat. Statistisch betrachtet ist also die mathematisch mögliche Umformung von KRAMER's Funktion nicht zulässig.

Die niedrigen Bestimmtheitsmaße um 0,6 die KRAMER (1986) für diese Zusammenhänge errechnete, dürften in der Verwendung des Regressionsparameters a begründet liegen. Es wäre interessant zu wissen, ob die in dieser Arbeit verwendete Funktion mit KRAMER's Meßwerten zu ähnlich guten Resultaten führen würde wie im vorliegenden Fall. Diese Überprüfung konnte nicht durchgeführt werden, da KRAMER's Originaldaten nicht zur Verfügung standen. Es wurde daher der umgekehrte Weg gegangen und KRAMER's Funktion am eigenen Probematerial überprüft. Die Ausgleichsgerade führt somit nicht durch den Nullpunkt, und man erhält ganz ähnliche Bestimmtheitsmaße wie KRAMER. Tab.57 zeigt es.

PROBLETFÄCHE	Regressionskoeff. a b		DF	Bestimmtheitsmaß	Standardfehler	F-Wert	Sg
02 Nationalpark	0,02980	0,000681	17	0,50	0,0001659	16,89	(***)
03 Nationalpark	-0,04474	0,001246	8	0,20	0,0008570	2,11	(-)
04 Wunsiedel	0,00294	0,001125	14	0,34	0,0004236	7,07	(*)
05 Flossenbürg	-0,04005	0,001349	9	0,40	0,0005330	5,99	(*)
06 Zwiesel	0,00628	0,000861	16	0,20	0,0004535	3,61	(-)

Tab.57: Regressionskoeffizienten und statistische Kennwerte für den Zusammenhang zwischen Volumenzuwachs pro Einheit Kronenmantelfläche (iv/KMF) und dem Benadelungsprozent (BNP)
 Schätzfunktion: $iv/KMF = a + b \cdot BNP$
 Sg = Signifikanzgrad
 DF = Freiheitsgrade

Diese Befunde KRAMER's von 1986 wurden ergänzt durch Resultate, die DONG ebenfalls 1986 veröffentlicht hat. Dieser Autor, der Arbeitsgruppe KRAMER zugehörig, konnte an 10 gefällten Altfichten nachweisen, daß zwischen dem Benadelungsprozent - Trieb für Trieb eingeschätzt - und der Nadelmasse pro Einheit Kronenmantelfläche ein enger Zusammenhang besteht, dem er allerdings statistisch nicht weiter nachgegangen ist. Das erschien aber wegen der ungewöhnlichen Eindeutigkeit der Befunde auch nicht nötig. Die folgende Zahlenreihe mag das verdeutlichen:

Baum- Nr.	Nadelverlust % / Loss of needles %		Abweichung %
	nach Zählung der grünen Nadeljahrgänge by counting the green year-needles	nach vorhandener Nadelmasse berechnet by assessing the needle mass	
tree no.			Difference
382	5	0	+ 5
314	13	7	+ 6
315	12	9	+ 3
316	33	26	+ 7
320	36	34	+ 2
317	39	40	- 1
319	50	53	- 3
318	50	55	- 5
381	79	81	- 2
383	86	91	- 5

Tab.58: Vergleich zwischen der Schätzung des Benadelungsprozentes und der Messung der Nadelmasse pro Einheit Kronenmantelfläche nach DONG(1986)

Die Abweichungen zwischen gemessenen und geschätzten Werten in diesem kleinen Baumkollektiv sind in der Tat so gering, daß sich eine weitere Vertiefung erübrigt. Da hier nachgewiesen wurde, daß der Zusammenhang zwischen Nadelmasse und Volumenzuwachs sehr eng ist, und wenn angenommen wird, daß er auch für Altbäume gilt, so läge hier eine erstaunliche Bestätigung der eigenen Befunde vor. Einschränkend muß allerdings noch einmal unterstrichen werden, daß DONG keine Zuwachsuntersuchungen gemacht hat, und daß die ganz erstaunlich gute Übereinstimmung zwischen Messung und Schätzung vor dem Hintergrund der in der eigenen Studie gemachten Erfahrungen eine Ausweitung des Materials wünschenswert erscheinen läßt. Vor allem müßte der fast völlig fehlenden Zunahme der Streuung der gemessenen Nadelmassen pro Einheit Kronenmantelfläche, die sich im eigenen Material mit zunehmendem Benadelungsprozent einstellt, nachgegangen werden (s. Abb.38). Immerhin läßt sich nach den eigenen und den Befunden der Autoren KRAMER und DONG vermuten, daß eine Verbesserung der gebräuchlichen Schadansprache bei der Waldschadensinventur vielleicht tatsächlich eine unmittelbare Zuwachsschätzung möglich machen könnte. Als das größere dabei auftretende Problem erscheint die Erfassung der Kronenmantelfläche.

9. Zusammenfassung und Schlußbetrachtung

9.1. Ziel der Untersuchung

Die Waldschadensforschung hat sich bisher hauptsächlich mit der Untersuchung von Altbeständen beschäftigt. Unser Wissen über die Folgen der großräumigen Umweltverschmutzung für Jungbestände hingegen, ist äußerst gering. Dies ist umso bedauerlicher, als es gerade die Jungbestände sind, die der Forstmann immer stärker in seine Überlegungen miteinbeziehen muß, da sich in einigen Teilen Bayerns die Altbestände bereits in der Auflösung befinden und kaum mehr zu halten sind. Voraussetzung für ein auf die neue Waldgeneration abgestimmtes Verjüngungsverfahren oder für zweckmäßige Pflegeeingriffe in Jungbeständen in der gegenwärtigen Umweltsituation ist jedoch die genaue Kenntnis des Zustandes dieser jungen Bestandesentwicklungsphasen. Ziel des Vorhabens ist es daher, den Auswirkungen der Waldschäden in Fichtenjungbeständen nachzugehen. Einen Teil der Untersuchung bildet die Charakterisierung und Beurteilung der Schadenssituation ausgewählter Versuchsbestände. Der Schwerpunkt liegt jedoch bei detaillierten Probebaumanalysen, die Auskunft geben über das Verhalten einzelner Bestandesglieder in der gegenwärtigen Umweltsituation. Hierzu werden Stamm-, Kronen-, Biomasse- und Nadelanalysen durchgeführt. Mit den Ergebnissen sollen ertragskundliche und waldbauliche Grundlageninformationen zur Beurteilung von geschädigten Fichtenjungbeständen im Untersuchungsgebiet bereitgestellt werden.

9.2. Untersuchungsgebiete und Versuchsbestände

Für die Untersuchung wurden sechs Probeflächen in den nordostbayerischen Mittelgebirgen, Bayerischer Wald und Fichtelgebirge eingerichtet. Die wichtigsten Klimakennwerte sind im gesamten Untersuchungsgebiet ziemlich einheitlich, wenn auch durch die Höhenlage modifiziert. Das Jahresmittel liegt zwischen 4° und 5° C. Die jährlichen Niederschläge nehmen mit der Höhenlage zu und betragen zwischen 800 und 1800mm, wobei etwa 30% in der Vegetationsperiode fallen.

Die aus Granit- und Gneisverwitterung hervorgegangenen Böden sind geprägt durch eiszeitliche Überlagerungen. Im Bayerischen Wald nennt man sie "Firneisgrundschuttböden", im Fichtelgebirge "Kipperböden". Es handelt sich in der Regel um mehr oder weniger stark podsoliierte Braunerden, mit pH-Werten im Oberboden zwischen 3,0 und 3,5.

Pflanzensoziologisch sind die Untersuchungsbestände den Assoziationen Soldanella-Piceetum und Vaccinio-Piceetum zuzuordnen.

9.3. Aufnahme- und Auswertungsverfahren

Gemäß dem Ziel, Schadsituationen ganzer Bestände und Wuchsverhalten einzelner Bestandesglieder darzustellen, wurde eine zweigliedrige Konzeption entwickelt.

In jedem der Probebestände wurde eine Probefläche angelegt. Die Größen der Meßparzellen schwanken zwischen 0,42 und 0,70 ha. Für die Standortbeschreibung wurde eine intensive Standortserkundung mit Probebohrungen, Profilbeschreibungen und pH-Wert-Messungen durchgeführt.

Zur waldbaulich-ertragskundlichen Charakterisierung der Probebestände diente eine Vollaufnahme von Teilflächen, auf denen mindestens hundert Fichten stockten.

Die Schadsituation des gesamten Bestandes wurde mit Hilfe eines Stichprobenverfahrens erfaßt. Dazu über jede Fläche ein Netz mit einem 5x5m Raster gelegt worden. Von den so entstandenen Rasterflächen wurde die eine Hälfte intensiv und die andere extensiv aufgenommen. Die Intensivaufnahme bestand auf jeder Rasterfläche in der Ansprache je eines Baumes der sozialen Klasse "vorherrschend", "mitherrschend" und "unterdrückt". Erfaßt wurden dabei die folgende Daten: BHD, Höhe, Höhenzuwächse der letzten 5 Jahre, biotische und abiotische Schäden, sowie die Schadklasse nach der bayerischen Waldschadensinventur (WSI).

Die Extensivaufnahme beschränkte sich auf vorherrschende Fichten, von denen, mit Ausnahme des Höhenzuwachses, die gleichen Daten erhoben wurden wie an den Individuen der Intensivaufnahme. Alle Bäume wurden fortlaufend numeriert. Aus diesen extensiv aufgenommenen Rasterflächen der sechs Probebestände wurden insgesamt 85 unterschiedlich stark geschädigte, vorherrschende Fichten für eine detaillierte Einzelbaumanalyse entnommen. Diese stellen die Grundlage für die hier vorgestellten Untersuchungen.

Für die Stammanalysen wurden den Probebäumen fünf Stammscheiben entnommen, drei in den absoluten Höhen 0,05, 0,5 und 1,3m sowie zwei in den relativen Baumhöhen 0,50 und 0,75. Die Stammscheiben sind dann in den vier Haupthimmelsrichtungen jährungsweise von der Rinde bis zum Mark vermessen worden. Die Herleitung von Biomassegrößen der Kronenorgane geschah durch Erfassung von Astrockengewichten, Nadelrockenmassen und Hundertnadelgewichten an jedem vierten Ast der Probebäume.

Von allen Ästen der Krone wurde ausserdem die Länge gemessen. Die für die nachfolgenden Untersuchungen wichtigen Biomassen sind über Schätzfunktionen für die gesamte Krone hergeleitet worden. Die Kronenstruktur konnte durch Rückmessung der jährlichen Höhentriebe sowie Längenmessung aller Äste dargestellt werden. Als Ergebnisse ergaben sich so die Kronenmantelfläche und andere charakteristische Kronenparameter. Als besonders wichtige GröÙe zur Charakterisierung des Vitalitätszustandes der Bäumen erwies sich die Ansprache der Benadelung in 10%-Stufen triebweise für alle Äste. Zur Charakterisierung der Nährelementversorgung wurden schliesslich von allen Ästen des 7. Quirls Nadelproben getrennt für die letzten beiden Jahrgänge entnommen, und auf folgende Elemente hin analysiert: S, Cu, Cl, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Al.

Für die biometrisch - statistischen Auswertungen wurden Standardprogramme des Lehrstuhls für Waldwachstumskunde der Universität München und Statistikprogramme der BMDP-81 Programmbibliothek verwendet. Für die Herleitung der KronenkenngroÙen und Kronenbiomassdaten wurden eigene Programme entwickelt.

9.4. Die Bestandessituation

Die untersuchten Probebestände sind sehr heterogen aufgebaut. Das Spektrum reicht von ungleichaltrigen, stark gestuften, aus Naturverjüngung hervorgegangenen bis zu gleichaltrigen, einschichtigen Fichtenjungbeständen. Der Altersrahmen bewegt sich zwischen 5 und 40 Jahren, die Durchmesser reichen von 0,9 bis 18cm. Die Stammzahlen pro ha liegen, in Abhängigkeit vom Alter und der Begründungsart der Bestände, zwischen 760 und 12800. Demententsprechend variieren auch die Grundflächen und Vorratswerte stark. Die ersteren bewegen sich zwischen 0,92 und 26 qm pro ha, die letzteren zwischen 2,87Vfm und 125,45Vfm pro ha. Die hohe Ungleichaltrigkeit der aus Naturverjüngung hervorgegangenen Bestände führt zu Stammzahlverteilungen, die plenterartig, eingipfelig oder auch zweigipfelig sein können. Die Durchmesserverteilungen der gleichaltrigen Fichtenjungbestände sind dagegen charakterisiert durch eingipfelige von einer Normalverteilung leicht abweichenden Kurvenform. Die Bestandeshöhenkurven verlaufen, der natürlichen Altersphase entsprechend, sehr steil.

Allen sechs Probebeständen ist gemeinsam, daß bisher noch keinerlei waldbaulichen Maßnahmen durchgeführt wurden.

Zur Darstellung der Schadsituation wurden in den sechs Probebeständen insgesamt 1694 Fichten auf abiotische, biotische und "neuartige" Waldschäden hin untersucht. Das Ausmaß der abiotischen Schäden (Frost, Gipfelbrüche), sowie der biotischen Schäden (große Fichtengallenlaus, Kupferstecher, Rotfäule, *Rhizosphaera kalkhoffii*, *Lophodermium piceae* und *L. pinistri*) war vollkommen unerheblich.

Hinsichtlich der Waldschadenssituation ist der Zustand eines Bestandes (01 Neureichenau) als äußerst kritisch zu bezeichnen. Nur noch etwa 25% aller angesprochenen Fichten können den Schadklassen 0 und 1 zugewiesen werden. Die übrigen fünf Bestände stellen sich in markant besserer Verfassung dar. Der Anteil gesunder und kränkelder Bäume liegt darin immer über 70%. Unterdrückte Bäume sind am wenigsten betroffen, am stärksten geschädigt sind die vorherrschenden Individuen.

Der Einfluß der Überschirmung auf den Gesundheitszustand konnte an einem Flächenpaar gleichen Standorts erfaßt werden. Dabei präsentierte sich der überschirmte Bestand in einem wesentlich vitaleren Zustand als sein Pendant.

Nur in den drei am stärksten geschädigten Beständen (01 Neureichenau, 02 Nationalpark, 04 Wunsiedel) ist ein Einfluß des Schadgrades auf die Höhenentwicklung in unterschiedlicher Deutlichkeit zu erkennen. Die Höhenentwicklung der übrigen Bestände hingegen ist unabhängig von der Stärke der Schäden.

9.5. Wachstumsmerkmale unterschiedlich stark geschädigter Probebäume

Um die Auswirkungen der Waldschäden auf das Wuchsverhalten von Bestandesindividuen zu untersuchen, wurden insgesamt 85 unterschiedlich stark geschädigte vorherrschende Fichten entnommen.

Deutliche Unterschiede in den Wachstumsgängen zwischen den gesunden und kranken Bäumen zeigen sich auf den Flächen 01 Neureichenau und 02 Nationalpark. Die gesunden Bäume sind gekennzeichnet durch alters-typisch ansteigende Zuwachsverläufe, sowohl für den BHD als auch für Grundfläche und Volumen. Die kranken Fichten hingegen weisen für Höhen- und Volumenzuwachs seit mehreren Jahren deutlich rückläufige Tendenz

auf. Die Zuwächse von BHD und Grundfläche zeigen, soweit sie nicht ebenfalls stark rückläufig sind, in den letzten Jahre stark fiebernde Ausschläge.

Die Wachstumsgänge der Probebäume der Fläche 04 Wunsiedel sind geprägt durch eine besondere Bestandesentwicklung, die die Auswirkungen der Waldschäden stark überlagert. Der über der Verjüngung stehende Altholzschirm wurde in den letzten Jahren durch Windwurf, Borkenkäferbefall und Waldschäden stark verlichtet, so daß alle Probebäume des Jungbestandes einen außergewöhnlichen Zuwachsanstieg verzeichnen. Eine Differenzierung nach Schadklassen ist weder für den Höhenzuwachs, noch für den Volumenzuwachs zu erkennen.

Die Wuchsgänge der Probebäume der übrigen drei Bestände (03 Nationalpark, 05 Flossenbürg, 06 Zwiesel) sind frei von schadklassenspezifischen Unterschieden. Die laufenden Zuwächse von BHD, Höhe, Grundfläche und Volumen sind, der natürlichen Altersphase der beiden Bestände 05 Flossenbürg und 06 Zwiesel entsprechend, stark ansteigend.

Die Biomassen der Kronenorgane (Astgewicht, Nadelmasse und Hundertnadelgewicht) sowie die Ausmaße der Krone (Kronenmantelfläche) gewähren Einblick in die produktionsökologischen Verhältnisse der Probebäume und erlauben zudem eine Überprüfung der okularen Vitalitätsbeurteilung.

Stark geschädigte Bäume der Probeflächen 02 Nationalpark und 04 Wunsiedel zeigen deutlich niedrigere Nadelmassen pro Einheit Gesamtastgewicht, bzw. pro Einheit Kronenmantelfläche. Zugleich leisten diese Bäume aber, bezogen auf 1kg Nadelmasse, mehr Zuwachs als gesunde Bäume.

Auf den übrigen drei Flächen (im Bestand 01 Neureichenau wurden keine Biomasse- und Kronenanalysen durchgeführt) gab es keine schadgradbedingten Unterschiede.

Die Hundertnadelgewichte der Probebäume variieren innerhalb einer Fläche nur geringfügig und zeigen keinerlei gerichtete Tendenz.

Die Volumenzuwächse der Probestämme jeder Fläche wurden in drei Gruppen zusammengefaßt (niedrig, mittel, hoch) und mit Hilfe der Diskriminanzanalyse getrennt. Als entscheidenden Merkmale für die Trennung des Volumenzuwachses erwiesen sich dabei Nadelmasse, Totastanteil, Kronenmantelfläche sowie je nach Bestand einer der Vitalitätsweiser. Keine Probleme bereitete die Trennung der niedrigen Volumenzuwachssgruppen von den hohen, während sich die Gruppen niedrig und mittel, bzw. mittel und hoch nur schwer auseinanderhalten ließen.

Die Nadelanalysen erbrachten für alle Bestände eine Belastung mit Schwefel, im Fichtelgebirge eine augenscheinlich stärkere als im Bayerischen Wald, sowie eine Unterversorgung mit Kalzium und Magnesium, die mit zunehmender Schadklasse immer offensichtlicher wird. Mit allen übrigen Elementen waren die Probestämme ausreichend bis gut versorgt, bzw. unbelastet.

Ein Vitalitätsweiservergleich zeigt auf, daß das genau angeschätzte Benadelungsprozent gut korreliert mit den gemessenen Kriterien, wie etwa Nadelmasse pro Einheit Kronenmantelfläche oder Anzahl der Nadeln pro lfd. cm Ast. Wenig geeignet für detailliertere Untersuchungen hingegen, scheint die relativ grobe Schadklasseneinteilung zu sein.

Die regressionsanalytischen Betrachtungen erbrachten eine straffe Korrelation zwischen Nadelmasse und Volumenzuwachs, der ausserdem von der Größe der Kronenmantelfläche abhängt. Der Einfluß des Benadelungsprozentes auf den Volumenzuwachs ist weniger deutlich ausgeprägt als der auf die Nadelmasse, die naturgemäß auch von der Größe der Kronenmantelfläche abhängt.

Mit Hilfe der beiden Rechenschritte

$$iv = bxNaGw \quad \text{Funktion 1 und}$$

$$NaGw = bxBNPKMF \quad \text{Funktion 2}$$

ist es gelungen, die Zuwachsverluste der Probestämme mit großer Zuverlässigkeit anzuschätzen. Diese Feststellung bedarf jedoch einer Einschränkung: Je besser der Vitalitätszustand der Bäume ist, desto größer wird die Streuung der Einzelwerte um die Ausgleichsgerade. Deshalb erscheint eine Schätzung der Zuwachsreduktion von Einzelbäumen nur sinnvoll, wenn diese mindesten 25% Nadelverlust aufweisen, da andernfalls die Schätzung in diesem Vitalitätsbereich (zwischen 75 und 100% Benadelung), zu ungenau wird. Für ganze Bestände hingegen ist es durchaus möglich, den Zuwachsverlust, hervorgerufen durch Nadelverluste über die Funktionen 1 und 2 ausreichend genau zu bestimmen.

10 LITERATUR

1. Abetz, P. 1985: Ein Vorschlag zur Durchführung von Wachstumsanalysen im Rahmen der Ursachenforschung von Waldschäden in Südwestdeutschland, AFJZ, Heft 9/10, S. 177-87.

2. AKCA, A. 1984: Zur Zuwachsschätzung mit Hilfe von Kronenmessungen im Luftbild, AFZ, Heft 155, S. 136-141.

3. ARBEITSKREIS
STANDORTS-
KARTIERUNG 1978: Forstliche Standortaufnahme, Landwirtschafts GmbH, 3. Auflage, Münster-Hiltrup, 183 S.

4. ASSMANN, E. 1943: Untersuchungen über die Höhenkurven von Fichten-Beständen, AFJZ, 114. Jhg,

5. ASSMANN, E. 1961: Waldertragskunde, BLV Verlagsgesellschaft München, 490 S.

6. ATHARI, S. 1983: Zuwachsvergleich von Fichten mit unterschiedlich starken Schadsymptomen, AFZ, Heft 26/27, S. 653-655.

7. ATHARI, S.
KRAMER, H. 1983: Erfassen des Holzzuwachses als Bioindikator beim Fichtensterben, AFZ, 38.Jhg, Heft 30, S. 767-769.

8. Becker, A. 1982: Aussaatversuch mit Buchecker im Gewächshaus LA f. Ökologie, Landschaftsentwicklung u. Forstplan in Nordrhein-Westfalen, Sonderheft 1982.

9. BLOCH, J. 1985: Ertragskundliche Beiträge zur Waldschadensdiagnose - Waldwachstumskundliche Merkmale eines geschädigten Fi-Jungbestandes in Nordostbayern, Diplomarbeit der Uni München, 88S

21. EVERS, F.H. 1986: Die Blatt- und Nadelanalytik als Instrument der Bioindikation, AFZ, Heft 1/2, S. 6-9

22. EVERS, F.H. 1973: Ertrags- und ernährungskundl. Ergebnisse von 3 Kulturdüngungsversuchen im Buntsandsteingebiet des Nordschwarzwaldes, Mitt. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt, Heft 54, 81 S.

23. FINCK, A. 1974: Die Notwendigkeit von chemischen Elementen für höhere Pflanzen, Angew. Botanik, Heft 48, S.21-38.

24. FOERST, K. 1978: Regionale natürlich Waldzusammensetzung Bayerns (Karte), Maßstab 1:1 000 000, Hrsg Bayer. StaMi f. Landwirtschaft und Forsten.

25. FOERST, K. 1978: Forstl. Wuchsgebietsgliederung Bayerns, (Karte), Maßstab 1:1 000 000, Hrsg. Bayer. StaMi f. Landwirtschaft und Forsten, München.

26. FRANZ, F. 1971: Funktionen und Tabellen der Derbholzformhöhen für die wichtigsten Baumarten in Bayern, unveröffentl. Manuskript, München.

27. FRANZ, F. 1983: Auswirkungen der Walderkrankungen auf Struktur und Wuchsleistung der Waldbestände FWCB, S. 186-200.

28. FREESE, F. 1964: Linear Regression Methods for Forest Research, US Forest Research Paper, FPL 17, Madison, Wisconsin, USA.

29. GEHRMANN, I. 1982: Der Einfluß des sauren Niederschlag auf die Naturverjüngung der Buche, LA f. Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung in Nordrhein-Westfalen, Sonderheft 1982, S. 32-36.

30. GELLERT, W. (HRSG) 1979: Kleine Enzyklopädie - Mathematik, VEB Bibliographisches Institut, Leipzig, 820 S

31. GUDERIAN, R.
VAN HAUT, H. 1970: Nachweis von Schwefeldioxid-Wirkungen an Pflanzen, Staub - Reinhaltung Luft, Heft 1, S. 17-26.
32. HÜSER, R.
DUNKEL, J. 1985: Stoffdepositionen durch Niederschlag in bayer. Waldbeständen, AFZ, Heft 11.
33. HUNGER, W. 1972: Zum Ernährungszustand älterer Fichtenbestände im Klimagefälle des Sächs. Hügellandes, Flora, Heft 161, S. 472-492.
34. JOHN, V. 1986: Tote Bäume und lebende Fichten, ein Phänomen der neuartigen Waldschäden, Heft 1/2, S. 15-16.
35. KAZDA, M.
GLATZEL, G. 1986: Schadstoffbelasteter Nebel fördert die Infektion von Fichtennadeln durch pathogene Pilze AFZ, Heft 18, S. 436-438.
36. KENK, G. 1983: Zuwachsuntersuchungen in geschädigten Tannebeständen in Baden-Württemberg, AFZ, Heft 26/27, S. 650-652.
37. KENNEL, E. 1984: Untersuchungen des Höhenzuwachses von Fichten mit Waldkrankheitssymptomen im Bereich der OFD Augsburg, AFZ, Heft 19, S. 468-469.
38. KENNEL, E.
REITTER, A. 1986: Waldschadensinventur Bayern 1985, Forstl. Forschungsberichte München, Heft 70
39. KNABE, W. 1981: Immissionsökolog. Waldzustandserfassung in Nordrhein-Westfalen, AFZ, Heft 36, S. 641-643.
40. KNABE, W. 1984: Merkblatt zur Entnahme von Blatt- und Nadelproben für chemische Analysen, AFZ, Heft 39, S. 847-848.
41. KRAMER, H. 1986: Beziehungen zwischen Kronenschadbild und Volumenzuwachs bei erkrankten Fichten, AFJZ, Heft 1/2, S. 22-27.
42. KORSUN, H. 1935: Das Leben des normalen Bestandes in Lesnicka Prace, S. 189-300

43. LADEFOGET, K. 1946: in ASSMANN, Waldertragskunde, S. 115
BURGER, E.
44. VAN LAAR, A. 1973: Needle-Biomass, Growth and Growth Distribu-
tion of *Pinus Rachiata* in South Africa in
Relation to Pruning and
45. VAN LAAR, A. 1979: Biometrische Methoden in der Forstwissen-
schaft, Forschungsbericht d. Forstl. For-
schungsanstalt München, Band 44, 702 S.
46. MAR:MOLLER, C. 1945: Untersuchungen über Laubmenge, Stoffverlust
und Stoffproduktion des Waldes, Kopenhagen
282 S.
47. MEIWES, K.J. 1984: Hinweise zur Bewertung der Versauerung von
KHAM, P.K. Waldböden und zur Stabilität und Elastizi-
tät von Waldbiosystemen, AFZ, S. 1247-50.
48. MIES, E. 1985: Zeitliche Änderung d. Chlorophyll- und
ZÖTTL, H.W. Elementgehalte in den Nadeln eines gelb-
chlorotischen Fichtenbestandes, FWCB, Band
104, S. 1-8.
49. MITTERREITER, J. 1985: Ertragskundliche Beiträge zur Waldschadens-
diagnose - waldwachstumskundliche Merkmale
eines geschädigten Fijungbestandes in Ost-
bayern, Diplomarbeit LMU, München.
50. NAGEL, J. 1985: Beziehung zwischen unterschiedlichen Schad-
SABOROWSKI, J. klassen mit dem Holzzuwachs bei Fichte, AFZ
KRAMER, H. Heft 51/52, S. 1399-1401.
51. PELLINEN, P. 1983: Notwendigkeit und Problem der Biomassener-
mittlung, AFJZ, Heft 6, S. 141-143.
52. PETTERSON, H. 1955: Die Massenproduktion des Nadelwaldes,
Forstl. Forschungsanstalt Schweden, 391 S.
53. POLLANSCHÜTZ, J. 1985: Zur Frage Nadelverluste und Kronenverlich-
tung bei Fichte, AFZ, Heft 6, S. 160-164.

54. PRETZSCH, H. 1985: Wachstumsmerkmale süddeutscher Kiefernbestände in den letzten 25 Jahren, Forschungsbericht d. Forstl. Forschungsanstalt München, 183 S.
55. PREUHSLER, T. 1984: Beobachtungen von Waldkrankheitssymptomen auf einem Kalimagnesia-Fichtendüngungsversuch in Oberbayern, AFZ, Heft 30/31, S. 773
56. PRIEHÄUSSER, G. 1965: Bayer. und Oberpfälzer Wald, Burkhard Vlg, Essen, S. 37-40.
57. PRODAN, M. 1951: Messung der Waldbestände, Sauerländer Vlg, Frankfurt a.M.
58. PRODAN, M. 1965: Holzmeßlehre, Sauerländer Verlag, 644 S.
59. REEMTSMA, B. 1964: Untersuchungen an Fichte und anderen Nadelbäumen über den Nährstoffgehalt d. lebenden Nadeljahrgänge und der Streu, Dissertation Uni Göttingen
60. REEMTSMA, B. 1986: Der Mg-Gehalt von Nadeln niedersächsischer Fichten Bestände und seine Beurteilung, AFJZ, Heft 10, S. 196-200.
61. REHFUESS, K.E. 1981: Waldböden, Pareys Studentexte, Band 29, Hamburg, S. 30-76.
62. REHFUESS, K.E. 1984: Über die Nadelröteerkrankung der Fichte in
RODENKIRCHEN, H. Süddeutschland, FWCB, Heft 103, S. 245-262.
63. REHFUESS, K.E. 1982: Grenzwerte für die Versorgung bzw Belastung
KREUTZER, K. mit Nähr-, bzw Schadelementen, mdl. Mitt.
64. RÖHLE, H. 1986: Waldschaden und Zuwachsreaktion - dargestellt am Bsp. geschädigter Fichtenbestände im Nationalpark Bayer. Wald, FWCB, Heft 2, S. 115-122.

65. RÖHLE, H.
HUBER, W. 1985: Untersuchungen zur Methode der Ablotung von Kronenradialen und der Berechnung von Kronengrundflächen, Forstarchiv, Heft 6 S. 238-243.
66. RÜHLICKE, G. 1984: Der pH-Wert in Waldböden, AFZ, Heft 50, S. 1252.
67. SACHS, L. 1974: Angewandte Statistik, Springer Verlag, Berlin, 545 S.
68. SCHMIDT-VOGT, H.
MAKKONEN-SPIECKER 1986: Unterschiede und Nährelementgehalt von Nadeln verschiedener Fi-Herkünfte, AFJZ, Heft 8, S. 145-152.
69. SCHÖPFER, W. 1961: Beiträge zur Erfassung des Assimilationsapparates der Fichte, Dissertation der Uni Freiburg, 127 S.
70. SCHÖPFER, W. 1986: Zusammenhang zwischen Wuchsraum und Zuwachs in erkrankten Fi- und Ta-Beständen, Der Forst- und Holzwirt, Heft 12, S. 315-319.
71. SCHÜTT, P. 1981: Folgt dem Tannensterben ein Fichtensterben? Holz-Centralblatt, Band 107, Heft 11, S. 159
72. SCHWEINGRUBER, F.H.
KONTIC, R. 1983: Eine Jahrringanalyt. Studie zum Nadelbaumsterben in der Schweiz, Bericht Nr 253 der Eidg. Anstalt f. d. Forstl. Versuchswesen, Birmensdorf.
73. SEIBERT, P. 1968: Übersichtskarte der natürlichen Vegetationsgebiete von Bayern, Maßstab 1 : 500 000, Schriftenreihe f. Vegetationskunde, B. Godesberg.
74. STERBA, SCHÖN, H.
OFNER, B.,
KUGLER, M. 1986: Objektiv gemessene Benadelung und Schadklassenansprache, AFZ, Heft 1, S. 5-6
75. STETTNER, G. 1981: Erläuterungen zur Geolog. Karte von Bayern, 1 : 500 000, Bayer. Geolog. Landesamt, 3. Aufl S. 7-17.

76. STREBEL, O. 1960: Mineralstoffernährung und Wuchsleistungen von Fichtenbeständen in Bayern, FWCB, Heft 79, S. 17-41
77. TEUSCHER, E.O. 1964: Erläuterungen zur Geolog. Karte von Bayern, 1:500 000. Bayer. Geolog. Landesamt, S. 7-17.
78. ULRICH, B. 1984: Untersuchungsverfahren und Kriterien zur
MEIWES, K.J. Bewertung der Versauerung und ihrer Folgen in
KÖNIG, N. Waldböden, Forst und Holzwirt, Heft 11, S. 278-285
79. WEBER, E. 1972: Grundriß der mathematischen Statistik, Ulmer-Verlag, Stuttgart.
80. WEHRMANN, I. 1959: Mineralstoffernährung von Kiefernbeständen in Bayern, FWCB, 78. Jhg., S. 129-150.
81. WENTZEL, K.F. 1982: Foliar analysis and air purification by forests- A contribution to quantify dry depositions of air pollutants by foliar analysis, Europ. J. Forest. Path., Heft 12, S. 417-425
82. WURM, A. 1962: Frankenwald, Fichtelgebirge und Nördl. Oberpfälzer Wald, Sammlung Geolog. Führer, S. 1-69, Berlin.
84. ZUCKER, A. 1985: Schwefelformen saurer Böden unter Nadelwald in Nordostbayern, Z. Pflanzenernährung und Bodenkunde, Heft 149, S. 110-119.

11. ABBILDUNGEN- UND TABELLENVERZEICHNIS

11.1 ABBILDUNGEN

	SEITE
Abb. 1: Lage der Probebestände im Untersuchungsgebiet,	3
Abb. 2: Schema der Flächenaufnahme mit dem Stichproben- verfahren	12
Abb. 3: Stammzahlverteilung der Probebestände	220
Abb. 4: Die Bestandeshöhenkurven der Probebestände	22
Abb. 5: Schadsituation der standörtlich vergleichbaren Bestände 02 Nationalpark ohne und 03 National- park mit Altholzschirm	25
Abb. 6: Die Höhenzuwächse unterschiedlich stark geschä- digter Fichten im Zeitraum 1980-1984, Fläche 01 Neureichenau	26
Abb. 7: Die Höhenzuwächse unterschiedlich stark geschä- digter Fichten im Zeitraum 1980-1984, Fläche 06 Zwiesel	27
Abb. 8: Jahrgangsweises Anschätzen des Benadelungsprozentes eines Astes	29
Abb. 9: Die verschiedenen Komponenten der Astbiomasse	31
Abb.10: Berechnung von Kronenmantelfläche	36
Abb.11: Wachstums- und Zuwachskurven der Probebäume Nr. 373 (Schadklasse 4) und 495 (Schadklasse 0) Fläche 01 Neureichenau	42
Abb.12: Mittlere Höhenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 01 Neureichenau	44
Abb.13: Mittlere Volumenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 01 Neureichenau	44

	SEITE
Abb.14: Wachstums- und Zuwachskurven der Probebäume Nr. 545 (Schadklasse 0) und 431 (Schadklasse 3) Fläche 02 Nationalpark	47
Abb.15: Mittlere Höhenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 02 Nationalpark	50
Abb.16: Mittlere Volumenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 02 Nationalpark	50
Abb.17: Wachstums- und Zuwachskurven des Probebaumes Nr. 320 (Schadklasse 0) der Fläche 03 Nationalpark	53
Abb.18: Mittlere Höhenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 03 Nationalpark	54
Abb.19: Mittlere Volumenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 03 Nationalpark	54
Abb.20: Mittlere Höhenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 04 Wunsiedel	56
Abb.21: Mittlere Volumenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 04 Wunsiedel	57
Abb.22: Wachstums- und Zuwachskurven der Probebäume Nr. 401 (Schadklasse 0) und 417 (Schadklasse 3) Fläche 04 Wunsiedel	58
Abb.23: Wachstums- und Zuwachskurven des Probebaumes Nr. 375 (Schadklasse 0) der Fläche 05 Flossenbürg	61
Abb.24: Wachstums- und Zuwachskurven der Probebäume Nr. 387 (Schadklasse 3) und 363 (Schadklasse 0) Fläche 06 Zwiesel	64

	SEITE
Abb.25: Die durchschnittlichen Gesamtast- und Totastgewichte getrennt nach Flächen und Schadklassen	76
Abb.26: Durchschnittliche Nadelmassen je Baum, getrennt nach Schadklassen	77
Abb.27: Die mittleren Hundertnadelgewichte für die einzelnen Flächen, getrennt nach Schadklassen	79
Abb.28: Mittleres Nadelgewicht pro Einheit Astgewicht für jede Fläche, getrennt nach Schadklassen	82
Abb.29: Durchschnittliche Anzahl der Nadel pro cm Ast für jede Fläche, getrennt nach Schadklassen	83
Abb.30: Mittlerer Volumenzuwachs pro kg Nadelmasse getrennt nach Schadklassen	85
Abb.31: Modelle der Fichtenkrone und deren Kennmaße nach ASSMANN (1961)	86
Abb.32: Mittlere Kronenmantelflächen für jede Fläche, getrennt nach Schadklassen	90
Abb.33: Mittlerer Volumenzuwachs pro Einheit Kronen- mantelfläche, getrennt nach Schadklassen	92
Abb.34: Mittlerer Volumenzuwachs je Baum in Abhängigkeit von der Schadklasse, kovarianzanalytisch ausge- glichen mit den zugehörigen Kronenmantelflächen	92
Abb.35: Die Abhängigkeit der Nadelmasse von der Interaktion zwischen Benadelungsprozent und Kronenmantelfläche für die Probefläche 02 Nationalpark	116
Abb.36: Residuen der gemessenen Nadelmassen über der Inter- aktion zwischen Benadelungsprozent und Kronenmantel- fläche	116
Abb.37: Der Einfluß des Benadelungsprozents auf den Quotien- ten Nadelmasse zu Kronenmantelfläche	117

	SEITE
Abb.38: Residuen der gemessenen Nadelmassen pro Einheit Kronenmantelfläche über dem Benadelungsprozent	118
Abb.39: Volumenzuwachs in Abhängigkeit von der Nadelmasse	118
Abb.40: Residuen der gemessenen Nadelmassen über dem Volumenzuwachs	119
Abb.41: Mittlere Höhenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 05 Flossenbürg	148
Abb.42: Mittlere Volumenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 05 Flossenbürg	148
Abb.43: Mittlere Höhenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 06 Zwiesel	149
Abb.44: Mittlere Volumenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 06 Zwiesel	149

	SEITE
Abb.45: Der Volumenzuwachs in Abhängigkeit von der Nadelmasse für die Fläche 02 Nationalpark	150
Abb.46: Der Volumenzuwachs in Abhängigkeit von der Nadelmasse für die Fläche 03 Nationalpark	150
Abb.47: Der Volumenzuwachs in Abhängigkeit von der Nadelmasse für die Fläche 04 Wunsiedel	151
Abb.48: Der Volumenzuwachs in Abhängigkeit von der Nadelmasse für die Fläche 05 Flossenbürg	151
Abb.49: Der Volumenzuwachs in Abhängigkeit von der Nadelmasse für die Fläche 06 Zwiesel	152

11.2 TABELLEN

	SEITE
Tab. 1: Die Lage der Untersuchungsbestände	4
Tab. 2: Lage der Klimastationen zu den Probebeständen	5
Tab. 3: Klimawerte der den Untersuchungsbeständen nahe- liegenden Stationen	5
Tab. 4: Waldaufbauform und Vegetationseinheit der Probe- bestände	7
Tab. 5: Kombinationstabelle zur Ermittlung der Endsschad- stufe aus Nadelverlust und Nadelvergilbung	9
Tab. 6: Ergebnisse der Bodenansprache und daraus resultierende Ausscheidung von Standortseinheiten	16
Tab. 7: Waldbauliche Charakterisierung der Untersuchungs- bestände	17
Tab. 8: Ertragskundliche Charakterisierung der Probeflächen	18
Tab. 9: Statistische Kennwerte der Bestandeshöhenkurven für die untersuchten Probebestände	21
Tab.10: Stichprobenumfang in den einzelnen Probebeständen getrennt nach sozialen Klassen	23
Tab.11: Waldschäden an Fichtenjungbeständen stratifiziert nach sozialen Klassen	24
Tab.12: Anzahl der untersuchten Bäume je Probefläche, getrennt nach Schadklassen	29
Tab.13: Ertragskundliche Kenngrößen der Probebäume der der Fläche 01 Neureichenau	40
Tab.14: Schadklassenmittelwerte der ertragskundlichen Kenngrößen der Probefläche 01 Neureichenau	41
Tab.15: Ertragskundliche Kenngrößen der Probebäume der der Fläche 02 Nationalpark	46

	SEITE
Tab.16: Schadklassenmittelwerte der ertragskundlichen Kenngrößen der Probefläche 02 Nationalpark	49
Tab.17: Ertragskundliche Kenngrößen der Probebäume der der Fläche 03 Nationalpark	51
Tab.18: Schadklassenmittelwerte der ertragskundlichen Kenngrößen der Probefläche 03 Nationalpark	52
Tab.19: Ertragskundliche Kenngrößen der Probebäume der der Fläche 04 Wunsiedel	55
Tab.20: Schadklassenmittelwerte der ertragskundlichen Kenngrößen der Probefläche 04 Wunsiedel	56
Tab.21: Ertragskundliche Kenngrößen der Probebäume der der Fläche 05 Flossenbürg	60
Tab.22: Schadklassenmittelwerte der ertragskundlichen Kenngrößen der Probefläche 05 Flossenbürg	62
Tab.23: Ertragskundliche Kenngrößen der Probebäume der der Fläche 06 Zwiesel	62
Tab.24: Schadklassenmittelwerte der ertragskundlichen Kenngrößen der Probefläche 06 Zwiesel	65
Tab.25: Regressionskoeffizienten und statistische Kennwerte für die Beziehungen zwischen Ast-, bzw Nadelrockengewicht und Astlänge für die Probebäume der Fläche 05 Flossenbürg	67
Tab.26: Befunddaten der Biomasseerhebung	68
Tab.27: Baumparameter der Diskriminanzfunktionen und ihre Verwendungshäufigkeit	70
Tab.28: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse zur Trennung von Volumenzuwachsgruppen für die Fläche 02 Nationalpark	71

Tab.29:	Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse zur Trennung von Volumenzuwachsgruppen für die Fläche 03 Nationalpark	71
Tab.30:	Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse zur Trennung von Volumenzuwachsgruppen für die Fläche 04 Wunsiedel	71
Tab.31:	Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse zur Trennung von Volumenzuwachsgruppen für die Fläche 05 Flossenbürg	72
Tab.32:	Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse zur Trennung von Volumenzuwachsgruppen für die Fläche 06 Zwiesel	72
Tab.33:	Mittlere Anzahl der Äste und ihre mittlere Gesamtlänge, getrennt nach Fläche und Schadklassen	74
Tab.34:	Durchschnittliche Nadelzahl pro Baum für jede Fläche, getrennt nach Schadklassen	80
Tab.35:	Kronenkenngößen der Probestämme, getrennt nach Flächen	87
Tab.36:	Schadklassenmittelwerte der Kronenkenngößen, getrennt nach Probestflächen und Schadklassen	88
Tab.37:	Unterschiedliche Grenzwerte für die Belastung mit Schwefel, nach EVERS(1986)	93
Tab.38:	Grenzwerte für die Versorgung, bzw Belastung mit Nähr-, bzw Schadelementen	93
Tab.39:	Mittlere Elementgehalte halb- und eineinhalb-jähriger Nadeln, getrennt nach Flächen	94
Tab.40:	Mittlere Elementgehalte von halb- und eineinhalb-jährigen Nadeln an Schwefel, Calcium, Magnesium, Kalium und Aluminium, getrennt nach Schadklassen	96

	SEITE
Tab.41: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse zur Trennung der Schadklassengruppen aufgrund von Nähr- elementgehalten für die Fläche 01 Neureichenau	97
Tab.42: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse zur Trennung der Schadklassengruppen aufgrund von Nähr- elementgehalten für die Fläche 02 Nationalpark	97
Tab.43: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse zur Trennung der Schadklassengruppen aufgrund von Nähr- elementgehalten für die Fläche 03 Nationalpark	98
Tab.44: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse zur Trennung der Schadklassengruppen aufgrund von Nähr- elementgehalten für die Fläche 04 Wunsiedel	98
Tab.45: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse zur Trennung der Schadklassengruppen aufgrund von Nähr- elementgehalten für die Fläche 05 Flossenbürg	98
Tab.46: Statistische Kennwerte der Diskriminanzanalyse zur Trennung der Schadklassengruppen aufgrund von Nähr- elementgehalten für die Fläche 06 Zwiesel	98
Tab.47: Die verschiedenen Vitalitätsweiser für die Probebäume, getrennt nach Flächen	102
Tab.48: Korrelationsmatrizen der verschiedenen Vitalitäts- weiser, getrennt nach Flächen	105
Tab.49: Korrelationsmatrix für die abhängige Variable Höhenzuwachs und den unabhängigen Variablen Nadel- masse, Kronenmantelfläche und Benadelungsprozent	106
Tab.50: Beziehungen zwischen dem Volumenzuwachs zum Zeit- punkt der Untersuchung und dem Elementgehalt halb- jähriger Nadeln	108
Tab.51: Korrelationsmatrix für die abhängige Variable Volumenzuwachs und den unabhängigen Variablen Nadel- masse, Kronenmantelfläche und Benadelungsprozent	109

Tab.52:	Korrelationsmatrix für die Beziehungen zwischen der abhängigen Variablen Nadelmasse und den unabhängigen Variablen Kronenmantelfläche, Benadelungsprozent sowie der Interaktion zwischen Kronenmantelfläche und Benadelungsprozent	111
Tab.53:	Regressionskoeffizienten und statistische Kennwerte für den Zusammenhang zwischen Nadelmasse und der Interaktion aus Benadelungsprozent und Kronenmantelfläche	113
Tab.54:	Regressionskoeffizienten und statistische Kennwerte für den Zusammenhang zwischen Volumenzuwachs und der Nadelmasse	114
Tab.55:	Regressionskoeffizienten und statistische Kennwerte für den Zusammenhang zwischen gemessenem Volumenzuwachs und geschätztem	120
Tab.56:	Ergebnisse der Volumenzuwachsschätzungen im Vergleich zu den gemessenen Werten	120
Tab.57:	Regressionskoeffizienten und statistische Kennwerte für den Zusammenhang zwischen Volumenzuwachs pro Einheit Kronenmantelfläche und dem Benadelungsprozent	122
Tab.58:	Vergleich zwischen der Schätzgröße Benadelungsprozent und der Meßgröße Nadelmasse pro Einheit Kronenmantelfläche nach DONG	123
Tab.59:	Nährelementgehalte halb- und einenhalbjähriger Nadeln der Probestämme getrennt nach Flächen	153
Tab.60:	Regressionskoeffizienten und statistische Kennwerte für die Beziehung zwischen Nadel- (links) bzw. Astmasse (rechts) und der Astlänge Schätzfunktion: $NaGw = a + b \cdot \ln(AL)$ $ASTGw = a + b \cdot \ln(AL)$	155

12. Anhang

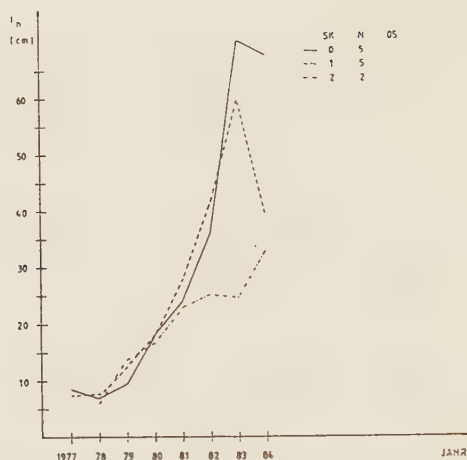


Abb.41: Mittlere Höhenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 05 Flossenbürg

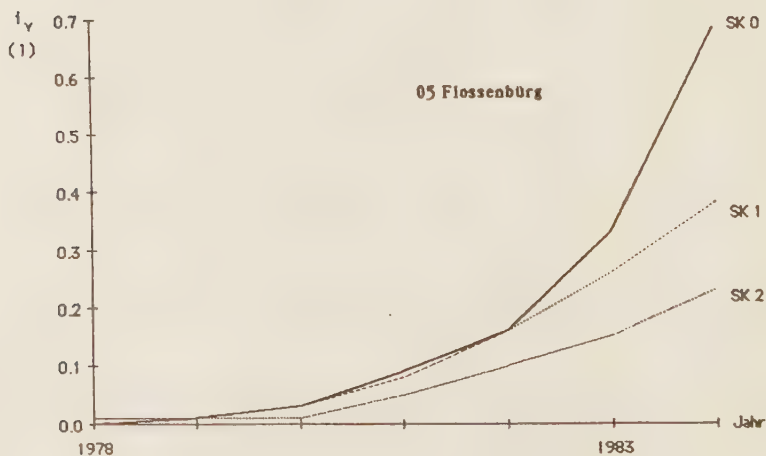


Abb.42: Mittlere Volumenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 05 Flossenbürg

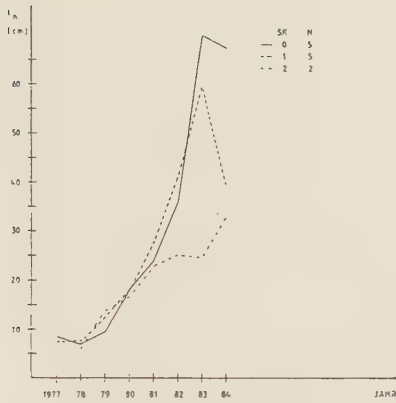


Abb.43: Mittlere Höhenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 06 Zwiesel

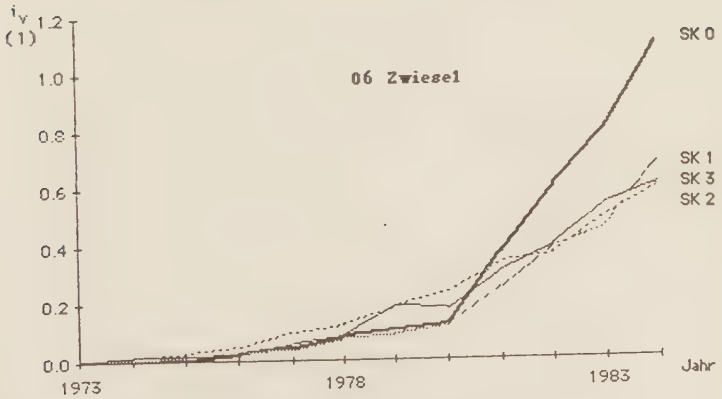


Abb.44: Mittlere Volumenentwicklung unterschiedlich stark geschädigter Fichten auf der Probefläche 06 Zwiesel

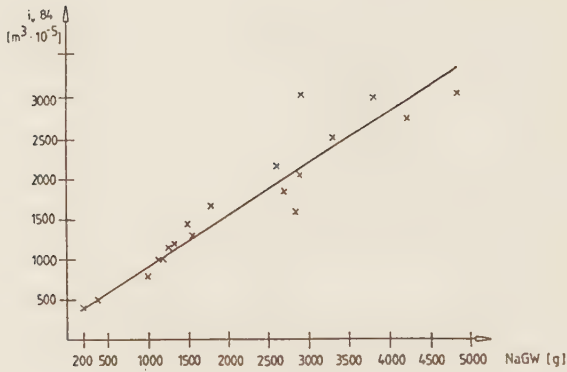


Abb.45: Der Volumenzuwachs in Abhängigkeit von der Nadelmasse für die Fläche 02 Nationalpark

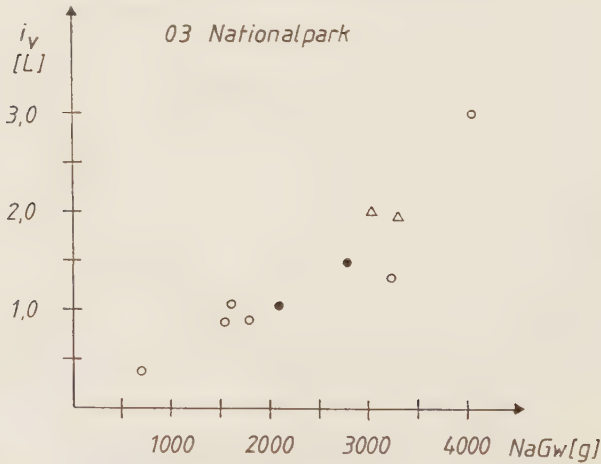


Abb.46: Der Volumenzuwachs in Abhängigkeit von der Nadelmasse für die Fläche 03 Nationalpark

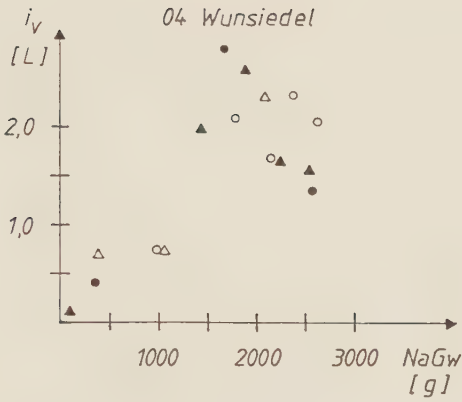


Abb.47: Der Volumenzuwachs in Abhängigkeit von der Nadelmasse für die Fläche 04 Wunsiedel

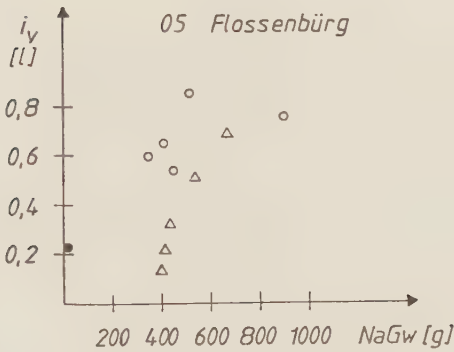


Abb.48: Der Volumenzuwachs in Abhängigkeit von der Nadelmasse für die Fläche 05 Flossenbürg

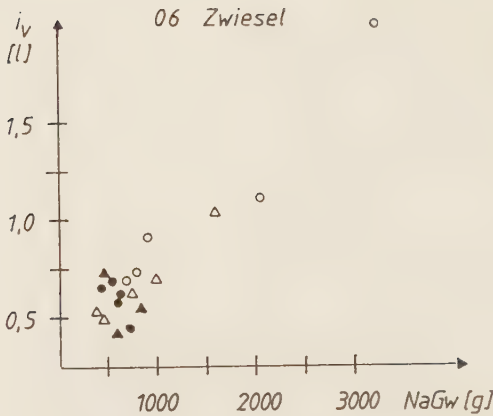


Abb.49: Der Volumenzuwachs in Abhängigkeit von der Nadelmasse für die Fläche 06 Zwiesel

FLÄCHE: 06 NATIONAL PARK					NADTELJAHRGANG: 1983									
BNR, SK, S,	CU, CL,	N,	CA,	FE,	MN,	NA,	P,	AL,	ZN,	MG,	K			
418	1	1530	19	310	1551	210	00422	0241	00022	171	0106	00134	0449	576
419	0	1400	25	220	1482	390	00509	0249	00016	203	0098	00181	0583	496
428	2	1180	28	220	1469	229	00466	0128	00021	164	0158	00119	0214	548
431	3	1350	27	000	1535	251	00473	0343	00038	271	0101	00128	0494	676
441	1	1110	29	190	1438	480	00473	0434	00056	196	0103	00197	0291	609
452	2	1140	22	320	1367	558	00411	0681	00052	148	0084	00212	0346	500
453	0	1330	27	200	1326	498	00454	0367	00034	163	0098	00206	0426	442
463	0	1610	25	240	1242	244	00414	0214	00019	143	0098	00118	0305	403
464	0	1610	23	270	1580	514	00514	0622	00027	201	0071	00229	0873	464
467	1	1100	33	240	1610	268	00585	0450	00161	191	0079	00173	0404	645
468	2	1290	29	320	1636	293	00549	0523	00058	186	0167	00124	0345	668
481	3	1450	22	310	1882	287	00826	0655	00124	211	0164	00131	0434	707
522	2	1520	25	260	1429	317	00427	0387	00016	218	0114	00135	0278	520
528	3	1340	22	330	1304	385	00460	0842	00074	202	0129	00155	0382	430
536	3	1330	30	210	1503	281	00601	0350	00077	173	0148	00148	0230	644
538	1	1270	30	230	1508	278	00427	0272	00032	205	0121	00166	0318	573
539	3	960	29	340	1366	378	00447	0368	00031	137	0078	00168	0181	500
545	0	1260	25	270	1619	324	00589	0459	00056	205	0097	00155	0483	470
547	1	1400	23	390	1349	269	00515	0318	00053	187	0125	00160	0651	517

FLÄCHE: 02 NATIONAL PARK					NADTELJAHRGANG: 1984									
BNR, SK, S,	CU, CL,	N,	CA,	FE,	MN,	NA,	P,	AL,	ZN,	MG,	K			
418	1	1570	25	420	1385	154	00320	0229	00016	210	0056	00202	0720	759
419	0	1340	30	280	1495	253	00422	0258	00067	224	0070	00262	0812	621
428	2	1260	30	260	1633	173	00334	0122	00084	230	0059	00207	0425	807
431	3	1670	38	670	1400	253	00449	0455	00087	305	0064	00236	0905	262
447	1	1130	36	250	1510	411	00431	0386	00070	272	0066	00439	0626	865
452	2	1340	27	480	1479	475	00347	0585	00067	211	0060	00348	0661	726
453	0	1290	30	290	1322	396	00376	0298	00031	206	0054	00367	0726	546
463	0	1290	26	350	1285	217	00257	0219	00026	192	0054	00122	0609	506
464	0	1610	25	380	1578	345	00368	0469	00045	225	0042	00307	0117	685
467	1	1150	36	410	1604	252	00354	0392	00038	216	0044	00267	0648	908
468	2	1150	28	320	1604	304	00413	0535	00049	192	0088	00495	0700	696
481	3	1360	21	370	1796	166	00487	0459	00077	255	0080	00125	0482	851
522	2	1640	28	450	1496	304	00281	0351	00016	268	0051	00225	0629	709
528	3	1430	27	470	1359	279	00411	0553	00112	228	0078	00220	0656	534
536	3	1230	31	300	1515	220	00438	0261	00092	204	0081	00231	0379	806
538	1	1250	29	330	1304	258	00269	0280	00016	228	0054	00301	0610	694
539	3	1140	32	460	1401	289	00304	0305	00029	177	0041	00241	0351	676
545	0	1540	27	460	1681	276	00547	0389	00112	267	0104	00224	0828	553
547	1	1440	26	490	1430	160	00331	0198	00026	251	0055	00208	0720	464

Tab.59: Nährelementgehalte halb- und einhalbjähriger Nadeln der Probestämme getrennt nach Flächen

FLÄCHE: 03			NATIONALPARK			NADELJAHRGANG: 1983			P.			AL.			ZN.			MG.			K								
BNR.	SK.	S.	CU.	CL.	N.	CA.	FE.	MN.	NA.	P.	AL.	ZN.	MG.	K	BNR.	SK.	S.	CU.	CL.	N.	CA.	FE.	MN.	NA.	P.	AL.	ZN.	MG.	K
308	0	1460	25	450	1452	702	00523	0616	00028	185	0011	00462	0844	494	318	1	1520	35	320	1646	252	00660	0180	00070	222	0142	00181	0414	587
319	1	1470	28	340	1454	251	00490	0131	00050	174	0092	00150	0415	458	320	0	1390	29	280	1594	466	00499	0383	00035	220	0098	00252	0888	647
322	0	1500	27	000	1702	286	00518	0362	00019	179	0080	00218	0417	581	323	0	1390	22	310	1461	512	00447	0681	00019	219	0080	00247	0603	607
325	1	1300	29	370	1369	359	00417	0257	00048	246	00175	00415	0783	799	326	2	1260	25	180	1299	442	00407	0272	00040	259	00177	00159	0325	563
329	2	1480	31	360	1550	263	00613	0478	00082	225	0161	00178	0485	466	333	0	1280	30	380	1599	485	00525	0461	00057	180	0099	00309	0733	503

FLÄCHE: 03			NATIONALPARK			NADDELJAHRGANG: 1984			1984			P.			AL.			ZN.			MG.			K					
BNR.	SK.	S.	CU.	CL.	N.	CA.	FE.	MN.	NA.	P.	AL.	ZN.	MG.	K	BNR.	SK.	S.	CU.	CL.	N.	CA.	FE.	MN.	NA.	P.	AL.	ZN.	MG.	K
308	0	1440	31	770	1457	406	00424	0427	00043	239	0051	00500	0952	757	318	1	1450	42	550	1468	240	00682	0198	00133	250	0105	00299	0685	874
319	1	1430	29	590	1565	219	00456	0158	00083	230	0094	00254	0708	650	320	0	1450	34	430	1555	309	00401	0354	00050	240	0065	00311	1110	796
322	0	1550	34	620	1693	248	00362	0296	00046	250	0046	00361	0771	940	323	0	1220	27	520	1343	306	00314	0478	00027	270	0045	00356	0711	737
325	1	1520	28	230	1417	507	00480	0309	00031	205	0130	00356	0491	576	326	2	1290	34	500	1309	440	00308	0321	00024	217	0051	00341	0723	731
329	2	1410	29	310	1466	207	00448	0371	00072	243	0079	00226	0742	594	333	0	1440	39	590	1584	410	00442	0465	00091	251	0082	00451	1070	746

FLÄCHE: 01			NUTZUNG ICHENAU			NADELJAHRGANG: 1984									
BNR, SK, S.	CU, CL.	N.	CA.	FE.	MN.	NA.	P.	AL.	ZN.	MG.	K				
498	0	1110	28	170	1500	224	00881	0418	00050	172	0226	00174	0383	465	
160	0	1320	16	290	1030	141	00489	0219	00045	110	0268	00091	0282	512	
304	0	1210	22	320	1140	210	00493	0446	00039	106	0159	00115	0175	576	
320	3	1060	29	430	1530	117	00687	0761	00099	166	0211	00143	0153	647	
330	3	1190	32	530	1860	229	00854	0732	00061	160	0239	00148	0192	553	
349	3	1330	22	210	1230	157	00576	0389	00053	128	0136	00076	0194	386	
355	3	1370	42	580	1650	075	00893	0270	00064	173	0217	00137	0159	889	
495	0	1230	29	340	1460	222	00600	0129	00039	175	0259	00117	0453	635	

FLÄCHE: 01			NUTZFLÄCHE NAU			NADELJAHRGANG: 1985																							
BNR.	SK.	S.	CU.	CL.	N.	CA.	FE.	MN.	NA.	P.	AL.	ZN.	MG.	K	BNR.	SK.	S.	CU.	CL.	N.	CA.	FE.	MN.	NA.	P.	AL.	ZN.	MG.	K
498	0	1140	26	310	1520	254	00429	0476	00036	209	0155	00245	0653	645	160	0	1100	21	340	1180	166	00403	0294	00043	127	0145	00181	0557	457
304	0	1160	23	500	1260	235	00476	0602	00066	135	0115	00197	0414	714	320	3	1040	23	360	1390	128	00509	0775	00092	157	0127	00122	0342	665
330	3	1140	26	490	1640	212	00626	0691	00052	159	0158	00195	0419	596	349	3	1130	24	260	1240	154	00463	0402	00055	128	0186	00100	0417	361
355	3	1370	39	480	1870	085	00714	0401	00077	174	0141	00141	0314	917	495	0	1200	30	530	1470	241	00413	0209	00029	230	0146	00211	0987	803

FLÄCHE: 04			WUNSIEDL.			NADELJAHRGANG: 1983			1983			P.			AL.			ZN.			MG.			K					
BNR,	SK,	S,	CU,	CL,	N,	CA,	FE,	MN,	NA,	P,	AL,	ZN,	MG,	K	BNR,	SK,	S,	CU,	CL,	N,	CA,	FE,	MN,	NA,	P,	AL,	ZN,	MG,	K
401	0	2070	33	350	1671	793	00955	0632	00073	139	0136	00567	0686	640	402	2	2310	29	330	1539	532	00792	0417	00222	178	0182	00219	0636	833
410	2	2220	34	240	1641	506	01470	0344	00465	138	0233	00225	0413	652	415	0	2070	47	410	1557	574	01350	0706	00452	197	0157	00478	0961	617
417	3	2200	33	350	1647	418	01080	0359	00207	204	0109	00179	0461	840	421	0	2580	41	410	2075	413	00886	0243	00372	178	0098	00166	0630	682
422	1	1940	29	290	1440	583	00590	0473	00033	149	0105	00393	0661	661	423	3	1600	24	300	1457	269	01090	0224	00725	143	0275	00125	0276	593
430	0	1770	35	250	1718	451	01140	0538	00780	174	0163	00257	0553	761	433	3	1750	25	240	1463	160	00762	0146	00151	150	0173	00173	0264	768
437	1	1900	28	320	1303	408	00833	0171	00256	134	0103	00272	0536	504	459	3	1740	23	000	1435	268	00105	0384	00341	139	0150	00221	0373	875
460	3	2100	37	270	1775	472	01020	0357	00172	204	0198	00257	0527	764	467	2	2200	31	490	1824	567	00960	0728	00362	191	0109	00302	0503	860
478	1	2330	26	260	1367	490	00688	0273	00183	106	0084	00277	0587	648	484	0	2430	27	540	1663	576	00734	0435	00430	163	0118	00350	0826	982

FLÄCHE: 04			WUNSIEDL			NADELJAHRGANG: 1984																	
BNR,	SK,	S,	CU,CL	N,	CA,	FE,	MN,	NA,	P,	AL,	ZN,	MG,	K										
401	0	1720	39	560	1779	450	00589	0356	00090	260	0077	00587	0857	958									
402	2	2020	35	490	1712	400	00567	0326	00050	264	0099	00319	0738	976									
410	2	2410	37	280	1804	307	00961	0296	00142	473	0146	00368	0682	929									
415	0	1920	41	600	1821	509	00753	0548	00201	260	0072	00436	1150	793									
417	3	1900	34	450	1709	299	01080	0306	00162	261	0115	00280	0563	929									
421	0	2330	40	630	2095	274	00691	0220	00225	228	0072	00245	0707	785									
422	1	1870	41	540	1658	449	00450	0249	00024	221	0058	00419	0863	921									
423	3	1860	30	460	1857	190	00786	0191	00229	274	0155	00192	0476	874									
430	0	1670	38	580	1944	395	00605	0377	00198	216	0067	00419	0781	999									
433	3	1750	35	400	1690	157	00699	0172	00114	213	0137	00237	0462	929									
437	1	1840	34	510	1401	294	00645	0149	00239	197	0064	00331	0712	775									
459	3	1610	25	640	1349	268	00737	0402	00124	194	0077	00360	0558	929									
460	3	1740	38	390	1850	250	00634	0198	00129	283	0106	00249	0563	999									
467	2	1700	36	510	1595	293	00796	0352	00174	209	0076	00305	0519	986									
478	1	1950	30	460	1465	280	00493	0195	00099	144	0054	00277	0578	912									
484	0	1770	30	790	1602	309	00554	0264	00118	205	0073	00312	0855	952									

FLÄCHE: 06		ZWITSEL		NADELJAHRGANG: 1983													
BNR, SK, S,	CU, CL,	N,	CA,	FE,	MN,	NA,	P,	AL,	ZN,	MG,	K						
301	2	1270	16	400	911	299	00490	1220	00043	134	0157	00121	0500	313			
302	2	1180	16	370	935	168	00932	0665	00060	130	0244	00088	0254	399			
334	0	1070	19	400	967	313	00642	1140	00042	125	0284	00122	0357	165			
335	0	1270	21	400	1100	521	00712	1800	00073	158	0258	00134	0532	305			
339	0	960	23	240	1301	376	00603	1220	00048	155	0203	00402	0346	511			
353	1	1060	21	410	1061	172	00514	0951	00088	123	0234	00114	0222	345			
354	1	1490	25	260	1190	166	00859	0851	00052	155	0209	00123	0287	520			
356	3	1030	24	590	1273	180	01080	0654	00091	132	0275	00094	0183	552			
360	0	1330	30	190	1534	288	00693	1300	00052	204	0295	00254	0310	611			
363	0	1230	33	280	1301	329	00675	1350	00046	156	0287	00213	0340	570			
365	2	1360	26	520	1141	206	00815	1280	00090	205	0272	00212	0361	152			
369	1	1010	23	180	1148	259	00592	1010	00048	134	0250	00151	0270	442			
370	2	1240	22	290	1059	235	00682	1250	00045	138	0242	00105	0195	353			
383	1	1010	17	250	917	195	00594	0752	00095	111	0160	00097	0224	294			
385	2	1060	19	340	1086	178	00900	0710	00043	125	0141	00084	0260	425			
386	1	1180	25	240	1287	290	00772	1250	00037	144	0251	00211	0360	479			
387	3	1190	19	290	1095	096	00541	0399	00065	152	0206	00087	0225	480			
388	3	1430	21	400	1174	150	00755	0606	00065	150	0240	00100	0269	457			

FLÄCHE: 06		ZWITSEL		NADELJAHRGANG: 1984													
BNR, SK, S,	CU, CL,	N,	CA,	FE,	MN,	NA,	P,	AL,	ZN,	MG,	K						
301	2	1100	19	470	940	206	00320	0725	00022	180	0084	00154	0618	489			
302	2	1040	17	270	931	140	00922	0501	00050	143	0099	00110	0341	426			
334	0	1060	23	400	1036	242	00528	0751	00056	161	0135	00191	0547	169			
335	0	1350	20	500	1136	379	00554	1280	00048	182	0133	00159	0602	306			
339	0	1040	25	310	1388	276	00568	0916	00080	168	0131	00196	0450	701			
353	1	1040	22	390	1047	138	00499	0680	00105	139	0115	00187	0375	466			
354	1	1400	32	470	1303	127	00897	0648	00080	209	0195	00197	0577	754			
356	3	960	26	470	1182	049	00573	0243	00054	151	0145	00101	0177	634			
360	0	1540	38	260	1749	266	00667	1020	00080	232	0194	00351	0452	879			
363	0	1210	29	270	1374	259	00665	0889	00056	208	0167	00267	0453	617			
365	2	1080	24	420	1054	193	00583	0945	00052	144	0165	00181	0300	530			
369	1	970	24	210	1205	268	00437	0955	00042	183	0120	00252	0486	494			
370	2	1120	22	310	1011	163	00508	0726	00038	148	0125	00113	0302	419			
383	1	930	21	380	1005	150	00401	0521	00051	165	0077	00157	0377	399			
385	2	1030	23	440	1177	136	00460	0549	00041	168	0077	00131	0428	521			
386	1	1150	28	310	1293	200	00438	0904	00060	182	0117	00311	0714	604			
387	3	1070	23	310	1081	072	00368	0338	00108	158	0103	00114	0311	462			
388	3	1090	24	380	1079	115	00658	0444	00106	159	0172	00175	0421	397			

FLÄCHE: 05		FLOSSENBURG		NADELJAHRGANG: 1983													
BNR, SK, S,	CU, CL,	N,	CA,	FE,	MN,	NA,	P,	AL,	ZN,	MG,	K						
310	1	1440	22	180	1114	758	00641	0441	00046	154	0123	00575	0654	734			
312	2	1500	18	260	906	288	00566	0131	00069	111	0212	00268	0203	538			
325	0	1440	30	230	1496	999	00671	0766	00041	190	0244	00386	0373	721			
330	1	940	15	000	853	554	00694	0218	00089	080	0126	00448	0324	376			
332	1	1780	16	190	873	528	00673	0178	00039	171	0246	00195	0302	561			
344	1	1510	27	240	1252	459	00538	0204	00024	162	0171	00363	0324	759			
349	1	1800	27	350	1221	616	00890	0115	00055	203	0273	00401	0193	828			
371	0	1470	34	250	1562	999	00650	0811	00016	176	0134	00940	0923	722			
375	0	1970	25	310	1183	999	00569	0595	00016	194	0111	00965	1100	846			
381	2	1830	31	700	1498	999	00702	0076	00086	254	0183	00261	0128	901			
386	0	1300	25	240	1242	603	00561	0310	00065	208	0198	00607	0363	793			
388	0	1880	29	400	1403	960	00679	0181	00054	154	0156	00387	0387	901			

FLÄCHE: 05		FLOSSENBURG		NADELJAHRGANG: 1984													
BNR, SK, S,	CU, CL,	N,	CA,	FE,	MN,	NA,	P,	AL,	ZN,	MG,	K						
310	1	1480	31	240	1555	580	00613	0490	00029	209	0091	00607	0958	900			
312	2	1180	23	340	995	229	00431	0095	00045	148	0092	00240	0366	668			
325	0	1530	52	290	1668	594	01010	0586	00046	203	0174	00191	0661	856			
330	1	750	17	000	635	063	00448	0074	00073	132	0044	00176	0380	578			
332	1	1490	22	290	966	300	00520	0136	00058	197	0117	00195	0437	626			
344	1	1150	25	250	1201	234	00366	0149	00033	188	0073	00326	0545	763			
349	1	1810	33	320	1644	505	00667	0113	00052	213	0172	00330	0334	948			
371	0	1680	43	290	2165	570	00586	0534	00016	256	0102	00674	1070	986			
375	0	1900	30	340	1553	601	00470	0460	00016	260	0057	00659	1480	959			
381	2	1690	30	560	1474	564	00521	0060	00044	216	0133	00198	0142	889			
386	0	1320	52	310	1436	592	00646	0339	00030	259	0150	00822	0767	970			
388	0	1690	37	380	1621	559	00592	0141	00041	226	0100	00366	0613	974			

Tab.59: Nährelementgehalte halb- und einenhalbjähriger Nadeln der Probebäume getrennt nach Flächen

Fläche	Baum- nr.	Regressions- koeffizient a	Regressions- koeffizient b	Best- heits- maß	Stan- dard- fehler	f- Wert	FG	Regressions- koeffizient a	Regressions- koeffizient b	Best- heits- maß	Stan- dard- fehler	f- Wert
3	308	1.94	-3.05	0.98	0.10	417.09	11.	1.92	-2.76	0.94	0.15	153.96
3	308	2.29	-4.64	0.84	0.57	16.21	5.	2.63	-6.77	0.93	0.42	38.66
3	318	2.42	-4.79	0.96	0.16	223.51	12.	2.05	-2.81	0.96	0.13	265.93
3	318	2.96	-7.76	0.79	0.89	10.97	5.	3.41	-10.34	0.53	1.85	3.40
3	319	1.91	-2.54	0.93	0.15	166.16	15.	1.55	-0.81	0.91	0.13	132.13
3	319	0.41	4.98	0.14	0.73	0.31	4.	-0.71	9.54	0.07	1.84	0.15
3	320	1.78	-2.43	0.93	0.15	137.23	12.	1.80	-2.07	0.92	0.17	111.35
3	320	5.77	-21.14	0.94	1.49	15.02	3.	3.37	-10.00	0.36	4.47	0.57
3	322	1.53	-1.88	0.92	0.14	116.93	12.	1.57	-1.82	0.88	0.19	71.86
3	322	2.17	-4.37	0.86	0.61	12.63	4.	3.40	-10.66	0.99	0.29	136.20
3	323	1.89	-2.98	0.96	0.12	234.93	13.	2.59	-6.07	0.93	0.21	154.21
3	323	-7.95	46.21	0.98	1.23	41.53	3.	-8.84	50.31	0.96	1.82	23.65
3	325	2.26	-4.18	0.97	0.14	266.11	11.	2.55	-5.23	0.99	0.09	893.27
3	325	3.40	-9.88	0.47	2.53	1.80	4.	3.42	-10.24	0.39	3.04	1.26
3	326	2.12	-3.41	0.94	0.13	247.02	18.	1.99	-2.90	0.78	0.26	56.73
3	326	7.03	-27.62	0.93	1.32	28.23	4.	10.60	-45.69	0.56	6.58	2.59
3	329	1.59	-1.31	0.95	0.10	236.28	14.	1.92	-2.79	0.95	0.12	247.80
3	333	2.37	-5.15	0.99	0.07	985.47	12.	2.19	-4.17	0.95	0.16	193.42
3	333	1.34	-0.49	0.13	2.50	0.29	4.	2.84	-8.02	0.52	1.93	2.18

Fläche	Baum- nr.	Regressions- koeffizient a	Regressions- koeffizient b	Best- heits- maß	Stan- dard- fehler	f- Wert	FG	Regressions- koeffizient a	Regressions- koeffizient b	Best- heits- maß	Stan- dard- fehler	f- Wert
2	418	1.84	-2.38	0.98	0.09	413.84	10.	1.62	-1.38	0.93	0.16	101.98
2	418	10.95	-45.60	0.38	13.92	0.62	3.	13.11	-56.59	0.33	18.60	0.50
2	419	2.00	-2.79	0.94	0.14	217.26	16.	2.17	-3.13	0.98	0.09	569.09
2	419	0.77	2.81	0.85	0.33	5.61	3.	-0.86	9.17	0.19	1.80	0.23
2	428	1.77	-2.12	0.93	0.17	114.38	10.	1.66	-1.60	0.83	0.26	39.20
2	428	2.29	-4.60	0.56	1.01	5.09	6.	2.97	-8.22	0.58	1.26	5.52
2	431	1.27	-0.47	0.88	0.19	44.44	8.	1.82	-2.40	0.97	0.14	168.69
2	431	2.08	-3.59	0.83	0.54	14.87	5.	2.73	-7.23	0.84	0.69	15.81
2	447	2.39	-4.54	0.95	0.17	193.93	12.	2.12	-3.09	0.89	0.23	82.94
2	447	1.05	-2.01	0.07	2.25	0.22	5.	-0.45	8.15	0.01	2.89	0.02
2	452	1.36	-0.10	0.62	0.36	14.77	11.	1.44	-0.06	0.54	0.44	10.62
2	452	0.51	4.12	0.04	1.04	0.24	8.	0.55	3.15	0.01	1.84	0.09
2	453	1.95	-2.74	0.56	0.52	13.78	13.	1.65	-1.20	0.38	0.64	6.75
2	453	2.57	-5.61	0.88	0.54	22.34	5.	1.34	-0.19	0.67	0.55	6.02
2	463	2.11	-3.51	0.96	0.20	110.35	7.	2.27	-3.81	0.94	0.25	83.72
2	463	3.18	-8.58	0.78	0.86	13.82	6.	5.00	-17.06	0.74	1.50	11.14
2	464	1.84	-2.09	0.86	0.26	48.35	10.	1.81	-1.56	0.92	0.19	89.02
2	464	1.69	-0.99	0.16	2.74	0.38	4.	2.04	-3.24	0.06	5.91	0.12
2	467	2.19	-3.84	0.98	0.13	290.52	9.	2.46	-4.31	0.94	0.24	102.72
2	467	1.53	-1.10	0.25	1.34	1.31	6.	3.91	-11.49	0.25	3.41	1.32
2	468	1.32	-0.55	0.90	0.20	45.37	7.	2.49	-4.44	0.95	0.26	89.30
2	468	2.54	-5.26	0.93	0.24	109.20	10.	0.78	1.80	0.03	1.61	0.24
2	481	2.42	-4.68	0.98	0.15	244.34	7.	1.72	-1.99	0.57	0.67	6.63
2	481	2.33	-4.49	0.96	0.27	71.96	5.	1.74	-1.66	0.05	2.81	0.16
2	522	2.86	-6.44	0.96	0.17	295.97	15.	2.56	-4.76	0.89	0.24	110.45
2	522	0.87	1.97	0.04	4.49	0.04	3.	1.26	-1.07	0.07	4.47	0.08
2	528	1.86	-2.09	0.96	0.15	154.65	9.	2.32	-3.56	0.96	0.17	189.20
2	528	2.01	-2.72	0.78	0.75	7.17	4.	4.12	-12.82	0.84	1.26	10.73
2	536	1.83	-2.17	0.72	0.38	22.85	11.	1.52	-0.96	0.64	0.38	16.19
2	536	2.78	-6.85	0.72	0.86	10.43	6.	3.48	-11.26	0.71	1.12	9.59
2	538	1.09	0.72	0.38	0.53	4.32	9.	1.62	-0.89	0.40	0.74	4.75
2	538	1.05	1.75	0.07	1.90	0.31	6.	3.39	-9.44	0.25	2.93	1.34
2	539	2.20	-3.62	0.89	0.27	67.12	10.	2.19	-3.38	0.87	0.30	54.23
2	539	5.25	-17.86	0.61	2.11	6.19	6.	16.79	-72.85	0.60	6.86	5.98
2	545	2.10	-3.42	0.97	0.12	322.98	13.	1.81	-1.86	0.94	0.13	188.92
2	545	3.74	-11.55	0.42	2.19	2.92	6.	0.95	1.19	0.02	3.81	0.06
2	547	2.07	-3.30	0.90	0.23	81.01	11.	2.03	-2.66	0.91	0.21	90.17
2	547	2.81	-6.56	0.84	0.55	26.44	7.	3.55	-10.25	0.76	0.90	15.56

Tab.60:

Regressionskoeffizienten und statistische Kennwerte
für den Zusammenhang zwischen Astgewicht (ASTG) und
Astlänge (ASL) (links) sowie für den Zusammenhang
zwischen Astlänge (ASL) und Nadelgewicht (NAGW)
Schätzfunktion: $\ln(\text{ASTG}) = a + b \ln(\text{ASL})$
 $\ln(\text{NAGW}) = a + b \ln(\text{ASL})$

Sq - Signifikanzgrad
DF - Freiheitsgrade

Fläche	Baum- nr.	Regressions- koeffizient a	Regressions- koeffizient b	Best. heits maß	Stan- dard- fehler	F- Wert	FG	Regressions- koeffizient a	Regressions- koeffizient b	Best. heits maß	Stan- dard- fehler	F- Wert
h	401	2.83	-6.94	0.98	0.14	404.85	9.	2.43	-4.98	0.91	0.28	74.70
h	401	2.85	-7.30	0.88	0.16	14.17	4.	10.00	-42.05	0.59	5.93	2.85
h	402	2.46	-5.29	0.95	0.18	197.07	12.	2.09	-3.85	0.93	0.18	135.50
h	402	3.37	-10.58	0.82	0.79	17.99	6.	2.34	-6.15	0.58	0.99	5.54
h	410	2.66	-5.67	0.88	0.70	14.49	4.	2.95	-7.00	0.88	0.76	14.99
h	410	1.42	-0.10	0.86	0.40	12.65	4.	3.30	-11.25	0.13	6.13	0.29
h	415	2.57	-5.64	0.89	0.33	61.97	10.	2.46	-5.12	0.84	0.37	43.19
h	415	-0.28	7.80	0.01	1.78	0.03	6.	0.39	4.08	0.01	2.32	0.03
h	417	1.80	-2.24	0.91	0.17	115.97	13.	1.68	-2.01	0.80	0.25	44.53
h	417	0.74	2.01	0.27	1.22	0.37	3.	5.66	-23.16	0.43	6.53	0.75
h	421	2.97	-7.30	0.98	0.14	434.30	10.	2.51	-5.36	0.92	0.27	86.20
h	421	2.46	-5.36	0.65	1.27	3.76	4.	2.90	-7.72	0.63	1.58	3.36
h	422	2.11	-3.32	0.94	0.26	64.60	6.	2.08	-3.14	0.76	0.58	12.86
h	422	2.55	-5.28	0.88	0.54	22.12	5.	3.53	-10.18	0.85	0.86	16.71
h	423	2.27	-3.86	0.86	0.28	65.72	13.	1.80	-2.28	0.92	0.15	135.27
h	423	0.57	3.03	0.99	0.05	128.30	3.	2.14	-5.85	0.99	0.23	86.52
h	430	2.72	-5.97	0.77	0.67	16.53	7.	1.79	-1.73	0.70	0.53	11.43
h	430	1.69	-1.68	0.95	0.38	19.21	3.	1.67	-2.53	0.97	0.31	29.34
h	433	2.47	-5.34	0.98	0.14	302.98	9.	2.04	-3.17	0.94	0.20	105.74
h	433	2.50	-5.31	0.72	0.52	23.52	11.	3.10	-9.15	0.56	0.92	11.37
h	437	2.17	-4.09	0.92	0.25	78.30	9.	2.97	-7.36	0.88	0.41	53.41
h	437	2.36	-5.31	0.98	0.20	134.77	5.	4.83	-16.85	0.97	0.46	111.73
h	459	1.23	-0.91	0.88	0.32	14.80	4.	1.23	-0.92	0.85	0.36	11.77
h	459	2.37	-4.83	0.39	1.48	2.56	6.	1.48	-3.27	0.05	3.34	0.20
h	460	1.48	-0.84	0.77	0.29	27.10	10.	1.52	-1.13	0.75	0.31	23.69
h	460	6.99	-27.75	0.21	9.47	0.54	4.	8.85	-37.70	0.12	17.16	0.27
h	460	2.09	-3.41	0.70	0.80	6.84	5.	2.61	-7.20	0.32	2.17	1.44
h	467	1.58	-1.93	0.94	0.18	80.55	7.	1.74	-2.79	0.89	0.27	42.56
h	467	1.67	-1.63	0.71	1.07	2.43	3.	0.62	2.55	0.33	0.81	0.50
h	467	0.97	0.46	0.98	0.14	46.24	3.	3.20	-10.41	0.81	1.56	4.20
h	478	1.97	-3.56	0.90	0.27	54.44	8.	2.40	-5.53	0.93	0.27	78.35
h	484	1.77	-2.63	0.84	0.25	48.69	11.	2.11	-3.88	0.88	0.26	65.26

Fläche	Baum- nr.	Regressions- koeffizient a	Regressions- koeffizient b	Best. heits maß	Stan- dard- fehler	F- Wert	FG	Regressions- koeffizient a	Regressions- koeffizient b	Best. heits maß	Stan- dard- fehler	F- Wert
8	301	1.91	-3.14	0.99	0.11	328.49	6.	0.86	1.38	0.68	0.30	8.36
8	302	1.63	-2.02	0.94	0.17	88.61	8.	2.31	-4.50	0.99	0.09	701.11
8	302	2.91	-7.68	0.94	0.15	14.95	3.	0.95	-0.80	0.67	0.66	2.06
8	334	1.93	-3.25	0.95	0.15	167.74	10.	2.21	-4.22	0.77	0.42	27.10
8	335	2.07	-3.61	0.93	0.24	76.69	8.	2.28	-4.43	0.77	0.50	20.61
8	335	1.62	-1.76	0.03	6.10	0.07	4.	-1.59	12.22	0.06	4.52	0.12
8	339	1.98	-3.18	0.48	1.20	2.72	5.	0.90	1.41	0.12	1.38	0.42
8	339	2.03	-3.50	0.41	1.08	3.53	7.	2.06	-3.52	0.23	1.66	1.54
8	353	1.61	-2.12	0.96	0.15	116.80	7.	3.41	-9.12	0.93	0.42	64.94
8	353	1.33	-1.05	0.72	0.84	2.53	3.	2.49	-6.06	1.00	0.12	409.60
8	354	2.12	-4.05	0.88	0.46	21.65	5.	3.27	-7.58	0.98	0.29	126.29
8	354	4.49	-14.22	0.97	0.77	33.68	3.	14.05	-54.79	0.77	7.61	3.41
8	356	1.79	-2.62	0.88	0.12	13.48	3.	2.65	-6.13	1.00	0.10	662.66
8	356	1.80	-2.48	0.77	0.70	6.66	4.	1.28	-2.61	0.15	2.19	0.34
8	356	4.42	-14.12	0.79	0.11	8.91	3.	2.88	-7.25	0.84	0.09	9.95
8	356	1.49	-1.58	0.75	0.87	2.96	3.	15.80	-66.25	0.81	7.66	4.25
8	360	2.67	-6.06	0.94	0.21	167.76	13.	3.01	-7.49	0.68	0.62	23.81
8	360	1.60	-1.35	0.99	0.17	85.01	3.	1.11	0.31	0.99	0.10	135.18
8	363	2.11	-3.58	0.91	0.22	92.00	11.	2.60	-5.61	0.82	0.41	40.64
8	365	1.79	-2.48	0.87	0.24	54.67	10.	1.98	-3.06	0.68	0.48	16.81
8	369	4.09	-12.12	0.76	1.34	9.35	5.	4.83	-14.72	0.68	1.89	6.51
8	369	1.45	-0.66	0.56	0.91	2.53	4.	1.04	1.38	0.22	1.37	0.58
8	370	2.13	-4.00	1.00	0.08	653.61	5.	2.80	-6.23	0.98	0.25	130.27
8	370	3.32	-9.19	0.92	0.58	32.60	5.	5.24	-17.41	0.64	2.25	5.43
8	383	2.54	-5.69	0.97	0.16	259.28	11.	3.12	-7.73	0.87	0.41	58.44
8	385	2.18	-4.22	0.96	0.14	234.46	11.	3.33	-8.74	0.84	0.49	46.26
8	386	2.59	-6.14	0.97	0.19	176.48	8.	2.48	-5.53	0.90	0.33	56.81
8	386	2.65	-6.58	1.00	0.17	241.92	3.	5.28	-19.15	0.80	2.66	3.94
8	387	2.97	-7.45	0.90	0.33	80.66	11.	3.72	-10.45	0.73	0.76	24.24
8	388	1.75	-2.33	0.96	0.16	125.25	7.	2.61	-5.64	0.92	0.35	54.87

Wilfried Huber
Heßstraße 25
8000 München 40

LEBENS LAUF

Persönliches: Geboren am 25. Juli 1956 in Regensburg
ledig

Bildungsgang: 1962 - 1966 Volksschule Wenzenbach
1966 - 1970 Gymnasium Cham
1970 - 1976 Goethe-Gymnasium Regensburg

Mai 1976 Abitur

1976 - 1977 Wehrdienst

1977 - 1982 Hochschulstudium
(Forstwissenschaftliche Fakultät
der Universität München

Nov. 1982 Diplom

Sept. 1983 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am
- Juni 1984 Lehrstuhl für Waldbau und Forstein-
richtung der Universität München,
mit Forschungsarbeiten in Indien
(Himalaya) betraut

Juli 1984 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am
- Dez. 1986 Lehrstuhl für Waldbau und Forstein-
richtung der Universität München.
Durchführung des Projektes "Waldschäden
in Fichtenjungbeständen Nordostbayerns"

München, den 3. Dezember 1986



(Wilfried Huber)

